

45

QUADERNI DI RICERCA IRES

STUDIO SUL SISTEMA URBANO DI TORINO

ires

ISTITUTO RICERCHE ECONOMICO - SOCIALI DEL PIEMONTE

Gruppo di lavoro

C. S. Bertuglia

T. Gallino

I. Gualco

S. Occelli

G. A. Rabino

C. Salomone

R. Tadei

A CURA DI I. GUALCO, S. OCCELLI, C. SALOMONE, R. TADEI



QUADERNI DI RICERCA IRES N. 45

STUDIO SUL SISTEMA URBANO DI TORINO

INDICE

Pag.

PARTE I: Teoria

1. INTRODUZIONE	1
1.1. Modellistica e pianificazione territoriale	1
1.2. Caratteristiche ed obiettivi dello studio	5
1.3. Contenuti del rapporto	9
2. STRUTTURA DEL SISTEMA URBANO	11
2.1. Introduzione	11
2.2. I sottosistemi	12
2.3. La dinamica	32
3. IL MODELLO DI SIMULAZIONE	37
3.1. Introduzione	37
3.2. Fondamenti teorici	37
3.3. Il modello complessivo ed i sottomodelli	41
4. IL SOFTWARE DI SIMULAZIONE	77
4.1. Premessa	77
4.2. Introduzione	77
4.3. Architettura	78
4.4. I componenti	80
4.5. Base dati di input	85
4.6. Base esperimenti	94
4.7. Adattamento del testo sorgente	99

4.8. Esecuzione dell'esperimento	106
--	-----

PARTE II : Applicazione

5. IL SISTEMA URBANO DI TORINO	111
5.1. Introduzione	111
5.2. Caratteristiche fisico-territoriali ed articolazione zonale	111
5.3. Processi di sviluppo socioeconomici e spaziali nel periodo 1951-1980	116
6. SCENARI DI RIFERIMENTO E POLITICHE DI INTERVENTO	131
6.1. Introduzione	131
6.2. Scenari di riferimento	132
6.3. Le politiche sondate	139
7. USO DEL MODELLO	143
7.1. Introduzione	143
7.2. Configurazione degli esperimenti	144
7.3. Risultati	148
8. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE	191
8.1. Introduzione	191
8.2. Diffusione spaziale e sviluppo urbano	191
8.3. Implementazione del modello ed indicatori di performance	203
8.4. Indicazioni di ricerca futura	211
- RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	215
- APPENDICE	225

1. INTRODUZIONE

1.1. Modellistica e pianificazione territoriale

Come dovrebbe collocarsi e quale dovrebbe essere il ruolo della modellistica nella pianificazione territoriale sono temi, ancora, di ampio dibattito e di accesa controversia.

Vista in relazione alla pianificazione territoriale - cioè a quell'insieme di pratiche e discipline istituzionalmente preposte al governo ed al controllo dell'assetto spaziale - la storia della modellistica, o più in generale delle scienze urbane e regionali, appare ricca di buone intenzioni e di potenzialità, ma disseminata di fallimenti o, comunque, all'atto pratico, priva di effettiva incisività.

La mancanza, o quanto meno, la difficoltà di integrazione sono imputabili a diverse ragioni. Fra queste, quella generalmente riconosciuta, è il gap scientifico-culturale che separa un'area "astratta" sviluppatasi attingendo via via da discipline scientifiche diverse, quali la matematica, l'economia, la fisica, ecc., ed un'area "concreta" chiamata a fronteggiare quotidiani problemi, di fabbisogni abitativi, di congestione, di redazione e gestione di piani, ecc..

Il quadro di riferimento, naturalmente, è più complesso. Sistemi istituzionali e strutture di pianificazione, sviluppo tecnologico, tipo ed entità dei problemi da affrontare sono variabili di fondo che hanno influito in modo significativo sulla storia della modellistica, stimolando lo sviluppo di modelli in particolari campi di analisi (cfr.: Lee, 1973, Batty, 1979, Secchi, 1984) e, con riferimento ai diversi contesti politico-costituzionali, agendo da valvola regolatrice del gap sopra menzionato.

In questo ambito, le maggiori critiche rivolte alla modellistica han

no riguardato, da un lato la sua dubbia rilevanza pratica rispetto alle esigenze ed ai bisogni emergenti e, dall'altro, il voler ricondurre la realtà ad uno schema oltremodo semplificativo basato su un qualche principio di ordine e di razionalità (cfr.: Palermo 1983, 1985, Secchi, 1984). Ciononostante, seppur marginale, la presenza della modellistica nel campo della pianificazione territoriale non è stata priva di effetti. Tale presenza o, per lo meno, quella degli apparati teorici e concettuali ad essa sottesi, ha contribuito certamente in misura non irrilevante, al processo di ammodernamento del tradizionale approccio alla pianificazione territoriale: mettendo a fuoco una visione sistemica del piano e degli oggetti del piano, stimolando l'uso di metodi e tecniche quantitative nelle analisi urbane e regionali, ed infine, ultimo ma non meno importante, innescando un dibattito scientifico-culturale più generale sui contenuti, sui metodi del processo pianificatorio nonché sul ruolo e sul comportamento dei diversi attori protagonisti di tale processo.

Recentemente, si sta assistendo, anche in Italia, ad una "progressiva laicizzazione dell'area di ricerca" (Secchi, 1984). Pare emergere, infatti, una maggiore attenzione da parte della modellistica sia agli oggetti stessi dei modelli - nella direzione, cioè, di identificare meglio tali oggetti con i concreti problemi i piani - sia alla struttura ed al linguaggio stesso dei modelli - nella direzione di sviluppare strumenti caratterizzati da una base teorica maggiormente "realistica" (approfondimento delle dinamiche del sistema, analisi del comportamento dei diversi operatori ecc.) e da un meccanismo di funzionamento più "trasparente".

Oltre agli avanzamenti propri di questo particolare campo della ricerca territoriale, il contributo della modellistica alla pianificazione territoriale pare, dunque, ricco di nuove potenzialità.

Nondimeno, il gap scientifico-culturale menzionato in precedenza, rimane una questione aperta. In ogni caso, rimane un problema che, solo in parte, potrà essere risolto dagli avanzamenti in campo modellistico, e da una loro maggiore "apertura" agli specifici problemi della pianificazione territoriale.

L'integrazione (in termini di collocazione e ruolo) della modellistica nel campo della pianificazione territoriale è da ricondursi, in fondo, ad un problema di "trasferimento di un apparato culturale, scientifico e tecnico" da un ambiente di studio e di ricerca - proprio delle università e degli istituti di ricerca - ad un ambiente di governo - proprio delle amministrazioni e degli enti istituzionalmente preposti all'attività di pianificazione. In questa direzione, è necessario, in primo luogo, riconoscere i gruppi fondamentali, o i "dominii", che devono essere coinvolti nei diversi momenti dello svolgimento di operazioni di piano nelle quali collocare la produzione e l'applicazione di modelli matematici. Tali "dominii" possono considerarsi compresi in un continuum delimitato, ad un estremo, dal desiderio di conoscere e di spiegare la realtà che ci circonda ed all'altro, dall'esigenza di governare e controllare tale realtà (cfr.: Hadalski, 1983). Il primo dominio è la "scienza" la quale, avvalendosi di un insieme di discipline inerenti alla definizione di leggi razionali, è quella maggiormente impegnata nel processo di conoscenza della realtà.

Il dominio successivo è costituito dai "professionisti", quali gli studiosi, i ricercatori ecc.. Questo dominio si occupa dell'applicazione delle scoperte e delle analisi scientifiche ai bisogni della società. Questi primi due domini possono essere raggruppati sotto il nome di "tecnici".

Il terzo dominio è quello dei funzionari delle amministrazioni pub

bliche. Essi posseggono un certo patrimonio di conoscenze, acquisito dallo svolgimento di attività e mansioni diverse all'interno della struttura amministrativa. Il compito di tali operatori deve essere volto ad organizzare gli interessi individuali e cioè, in ultima analisi, a tutelare il benessere collettivo.

I "politici", infine, costituiscono il quarto "dominio". Questo dominio è quello che, direttamente, è chiamato a fronteggiare i problemi di governo e di controllo della società. In questo senso, i politici rappresentano i principali decisori nell'indirizzare e ratificare le politiche urbane, e nel promuovere lo sviluppo di progetti di piano. Il terzo ed il quarto dominio possono essere raggruppati sotto il nome di "amministratori" (o decisori).

Nel formulare ed applicare un modello matematico in campo pianificatorio, tutti questi gruppi, direttamente od indirettamente, devono venire coinvolti. Diversamente, lo strumento modellistico predisposto, risulta inefficace.

Il più delle volte accade che gli "amministratori" considerino i tecnici come studiosi solitari, privi di qualsiasi legame con i bisogni reali. Da parte loro, i "tecnici" tendono ad isolarsi, ritenendo che il lavoro di professionisti altamente specializzati possa essere compreso e valutato solo da altri professionisti con un'analoga specializzazione. Inoltre, il linguaggio tecnico dei modellisti risulta spesso di difficile comprensione per gli amministratori. I tecnici, per contro, non hanno una conoscenza adeguata delle relazioni politiche ed istituzionali necessarie a realizzare concretamente un progetto di piano.

Se l'individuazione dei gruppi o dei domini sopra indicati è corretto, è chiaro allora che affinché la formulazione e l'uso di modelli

matematici possano concretamente inserirsi nelle operazioni di piano, è necessaria la partecipazione di tutti i gruppi suddetti. Ciò significa, in primo luogo, che non solo è necessaria una sempre maggiore "apertura" dei modelli nelle direzioni precedentemente indicate, ma anche che occorre un'attenzione maggiore da parte dei decisori alle potenzialità di uso dei modelli in quanto strumenti di lavoro, certamente più sofisticati e complessi di quelli tradizionali, ma anche, se formulati ed applicati in modo corretto, di grande efficacia.

1.2. Caratteristiche ed obiettivi dello studio

Questo rapporto raccoglie i risultati più significativi di uno studio condotto dall'IRES sul sistema urbano di Torino (altrimenti detto comprensorio di Torino). Si tratta di uno studio di carattere territoriale - che cioè ha per oggetto l'assetto spaziale del sistema - fondato sull'uso di metodi e tecniche quantitative. Precisamente, in questo studio viene utilizzato un modello matematico (di sistema urbano), che permette di investigare la configurazione attuale e le configurazioni future, eventualmente alternative, della struttura del sistema all'esame, in questo caso del sistema urbano di Torino.

Ciò che, sostanzialmente, contraddistingue uno studio del tipo di quello condotto dall'IRES può riassumersi come segue:

- a. la possibilità di disporre di elementi conoscitivi in ordine ai possibili assetti futuri della struttura spaziale del sistema;
- b. la possibilità di analizzare e controllare i modi attraverso i quali si perviene agli assetti suddetti.

Alla luce di quanto ora detto, emerge chiaramente l'utilità di u-

no studio di questo genere nella direzione sia di fornire indicazioni a coloro che, nell'ambito delle attività di piano, devono individuare e quantificare gli interventi, sia di mettere a disposizione uno strumento che consenta di verificare gli effetti e l'efficacia (nonché coerenza interna) degli interventi stessi. Ciò costituisce il primo, e fondamentale, obiettivo di questo studio. Il secondo obiettivo dello studio può considerarsi maggiormente connesso ad esigenze di ricerca, proprie dell'attività dell'IRES, nella direzione dello sviluppo e messa a punto di metodi e tecniche per l'analisi spaziale, da mettere a disposizione di tutti gli operatori interessati (in particolare della Regione e degli Enti locali) per una autonoma attività di ricerca.

In questo senso, l'esperienza modellistica illustrata in questo volume si colloca in naturale continuità al lavoro di ricerca condotto dall'IRES negli anni passati (cfr.: Bertuglia e Rabino, 1975, IRES, 1976b).

Per accennare brevemente alla "storia" di questo modello, qui è sufficiente dire che la sua prima formulazione risale agli anni 1977-80 (cfr.: Bertuglia ed altri, 1980, 1981), epoca in cui erano stati avviati studi per la revisione del Piano Regolatore Generale della Città di Torino. Sviluppato in relazione agli studi suddetti, con lo scopo di sondare gli effetti delle politiche urbane previste per la città di Torino, il modello non venne di fatto applicato a questo fine (*). Successivamente, nel corso dell'implementazione operativa, la formulazione del modello è stata oggetto di modifiche e di approfondimenti, relativi,

(*) La mancata applicazione del modello in occasione degli studi suddetti è stata dovuta semplicemente alla ristrettezza dei tempi, che ha impedito, da un lato, la definitiva messa a punto del modello da parte dell'IRES e, dall'altro, la quantificazione, da parte dei tecnici del Comune, delle politiche da sondare.

in particolare, alla modellazione delle relazioni tra dinamica dei sottosistemi ed uso del suolo (cfr.: Bertuglia ed altri, 1982). In questa veste, il modello è stato utilizzato in una serie di sperimentazioni, volte a verificarne il comportamento logico e le potenzialità operative (cfr.: Bertuglia ed altri, 1983a, 1983b, 1984a) e, parallelamente, ad analizzarne la capacità esplicativa e previsionale (cfr.: Bertuglia ed altri, 1983c, 1984e).

Recentemente, anche in relazione ad un incarico da parte della Regione, il modello è stato applicato per sondare gli effetti, sul sistema urbano di Torino, dell'impatto di scenari socioeconomici alternativi e di politiche di trasporto (cfr.: Bertuglia ed altri, 1984c, 1985).

Per quanto riguarda le caratteristiche del modello predisposto occorre tenere presente che esso si colloca in un campo di analisi, quello della modellistica dei sistemi urbani, da un lato ampiamente consolidato sia dal punto di vista teorico-metodologico (Lowry, 1964, Forrester, 1969, Wilson, 1970, 1974, 1981, 1984, Bertuglia ed altri, 1984, Bertuglia ed altri (eds.), 1987a) sia dal punto di vista sperimentale [per limitarci all'ambito dell'esperienza italiana, cfr. per esempio i modelli sperimentati dall'IRES negli anni settanta (Bertuglia e Rabino, 1975, IRES, 1976b)], da un altro lato in fase di intenso e fecondo sviluppo - in questa direzione, si colloca ad esempio, il modello interamente dinamico di sistema urbano che l'IRES sta sviluppando (cfr.: Bertuglia ed altri (eds.), 1987b) (*).

(*) In particolare, questo nuovo studio non solo approfondisce lo studio della dinamica dei singoli sottosistemi, ma affronta anche, esplicitamente, l'analisi della formazione degli stock nonché delle interazioni tra gli stock ed i flussi e, quindi, dei fenomeni di instabilità e di disequilibrio che possono derivarne.

Rispetto agli approcci che tradizionalmente possono ritenersi maggiormente consolidati, il modello descritto in questo volume riunisce, in un unico approccio più generale, gli elementi essenziali di tre approcci e, precisamente, lo schema causale di Lowry (1964), l'approccio entropico di Wilson (1970), lo schema dinamico di Forrester (1969).

Rispetto agli approcci più recenti, in particolare rispetto a quelli volti ad approfondire lo studio del comportamento dinamico dei sistemi spaziali, questo modello tenta di applicare i paradigmi analitici dell'analisi dinamica allo studio di una struttura urbana considerata in dettaglio nella sua complessità funzionale e spaziale.

Il modello in oggetto è un modello matematico di sistema urbano, a larga scala, volto a simulare le possibili evoluzioni future del sistema urbano. La struttura del modello, inoltre, consente di tenere esplicitamente conto delle politiche definite dall'operatore pubblico in ordine ai diversi settori del sistema urbano.

Una descrizione non formalizzata del modello che ne riassume il modo di operare - dando un'idea del suo possibile uso nell'ambito dell'attività di pianificazione - è la seguente: dati una certa struttura socioeconomica e spaziale iniziale del sistema (distribuzione spaziale delle famiglie, dei posti di lavoro e delle abitazioni, assetto degli usi del suolo ecc.) e gli interventi, aventi rilevanza territoriale, previsti dall'operatore pubblico in certe epoche successive, il modello determina la configurazione socioeconomica e spaziale del sistema all'epoca finale (*), posto che siano state formulate, per l'intervallo temporale compre

(*) L'epoca finale assunta è l'anno 2000. Nondimeno, per le caratteristiche stesse del modello, gli output possono essere determinati a ciascuna epoca intermedia del periodo temporale complessivo 1981-2000 interessato dalle simulazioni.

so tra l'epoca iniziale e quella finale, delle previsioni sulla dinamica socioeconomica per il sistema nel suo complesso (ossia, posto che sia stato definito uno scenario socioeconomico di riferimento, per l'intervallo temporale compreso tra l'epoca iniziale e quella finale). Se si definiscono più scenari socioeconomici di riferimento, l'analisi, all'epoca finale, delle configurazioni socioeconomiche e spaziali del sistema ottenute con il modello, per una data strategia di intervento, consente di dare una misura degli effetti della sondata strategia di intervento, con riguardo agli scenari considerati.

1.3. Contenuti del rapporto

Il rapporto è articolato in tre parti, che rispecchiano le fasi fondamentali dello studio condotto.

La prima parte ha carattere teorico-metodologico. Essa fornisce il quadro generale del processo di sviluppo del modello ed il necessario riferimento per la comprensione delle potenzialità d'uso dello strumento. Si presentano nell'ordine: a. una descrizione del sistema urbano nella quale l'attenzione è posta sia sugli aspetti strutturali fondamentali sia sui meccanismi di funzionamento essenziali; b. il modello di simulazione che da una tale descrizione è possibile derivare. Nell'esposizione del modello si procede dal generale al particolare, illustrando dapprima la struttura teorica ed il funzionamento del modello complessivo e, successivamente, la versione matematica dei singoli sottomodelli; c. le caratteristiche e la struttura del software che è stato predisposto per la formulazione operativa del modello.

La seconda parte del volume è dedicata all'applicazione ed all'uso

del modello. Essa illustra, tramite sperimentazioni condotte per il caso del sistema urbano di Torino, le potenzialità d'uso dello strumento. Dopo una descrizione dell'area di studio, si presentano gli scenari socio economici di riferimento assunti nelle sperimentazioni e le politiche urbane sondate con il modello. Le combinazioni degli scenari e dei diversi mix di politiche consente di configurare un ampio ventaglio di esperimenti di simulazione conducibili con il modello. A prescindere dal riferimento al caso specifico del sistema urbano di Torino, le due serie di risultati discusse illustrano in concreto le caratteristiche degli output che possono essere ottenuti dal modello, ed il tipo di considerazioni che possono essere tratte dalla loro analisi.

La terza parte del volume, infine, raccoglie le osservazioni conclusive dello studio e suggerisce alcune indicazioni per possibili sperimentazioni future da effettuare con il modello.

2. STRUTTURA DEL SISTEMA URBANO

2.1. Introduzione

Un sistema urbano è un'entità fisica, socioeconomica e spaziale molto complessa. Di esso esiste ed è possibile dare un certo numero di descrizioni con accezioni diverse, a seconda dell'ottica di analisi e dei problemi urbani considerati.

Lo sviluppo delle scienze urbane e regionali ha permesso di individuare, descrivere ed interpretare aspetti più complessi del sistema urbano. L'approfondimento che ne è conseguito ha contribuito a migliorare sia la conoscenza della struttura del sistema urbano - arricchendo l'analisi dei singoli sottosistemi componenti - (ad esempio, per il sottosistema residenziale cfr.: Anas, 1982, Weibull, 1984; per il sottosistema dei servizi, cfr.: Coelho, 1983, Harris e Wilson, 1978; per il sottosistema industriale, cfr.: MacGill, 1977; per il sottosistema dei trasporti, cfr.: Bertuglia ed altri, 1984b, Wilson, 1983) sia la comprensione dei meccanismi di funzionamento - approfondendo lo studio delle interazioni fra i sottosistemi, delle dinamiche di evoluzione temporale, del comportamento degli operatori ecc. [ad esempio, cfr.: Bertuglia ed altri (eds.) 1987b, Allen et al., 1984, Dendrinis e Mullally, 1981, Nijkamp e Shubert, 1985, Klaassen e Scimeni, 1983].

La descrizione di sistema urbano sviluppata nel presente capitolo prende in considerazione i due aspetti fondamentali di un sistema urbano, vale a dire, la struttura e la dinamica. Il quadro di riferimento generale che viene derivato è, naturalmente, semplificato, ma utilizza concetti interpretativi essenziali, ormai ampiamente consolidati negli studi del sistema urbano. In questo senso tale quadro di riferimento può essere ripreso e sviluppato da diversi e più specifici approcci

teorico-metodologici, in grado di approfondirne ed arricchirne i diversi elementi considerati.

Nel paragrafo che segue, 2.2., si descrivono i principali sottosistemi costituenti il sistema urbano: il sottosistema delle attività produttive, il sottosistema residenziale ed il sottosistema dei trasporti. Questi sottosistemi e le loro interrelazioni, consentono di definire la struttura del sistema urbano.

Successivamente, in 2.3., ci si sofferma brevemente sui principali meccanismi di funzionamento del sistema urbano, ossia su quei meccanismi che ne determinano l'evoluzione nel corso del tempo.

2.2. I sottosistemi

Se si considerano le attività umane fondamentali che comunemente nel sistema urbano vengono svolte, - di produzione, di residenza, di spostamento - è possibile individuare tre sottosistemi fondamentali del sistema urbano: il sottosistema delle attività produttive e di servizio, il sottosistema residenziale ed il sottosistema dei trasporti. Se si considerano, inoltre, la domanda di spazio di ciascuna attività e le relazioni funzionali esistenti fra le attività stesse, allora ciascun sottosistema risulta costituito da due principali componenti: lo stock, ossia il contenitore fisico edilizio (o, nel caso dei trasporti, l'infrastruttura fisica, la rete) nel quale l'attività è collocata ed i flussi, ossia le interazioni di beni, persone, informazioni, che vengono generate dallo svolgimento di una certa attività (*), cfr.: fig. 2.1..

(*) Si tenga presente che in questa discussione le interazioni considerate si riferiscono esclusivamente ai flussi di persone.

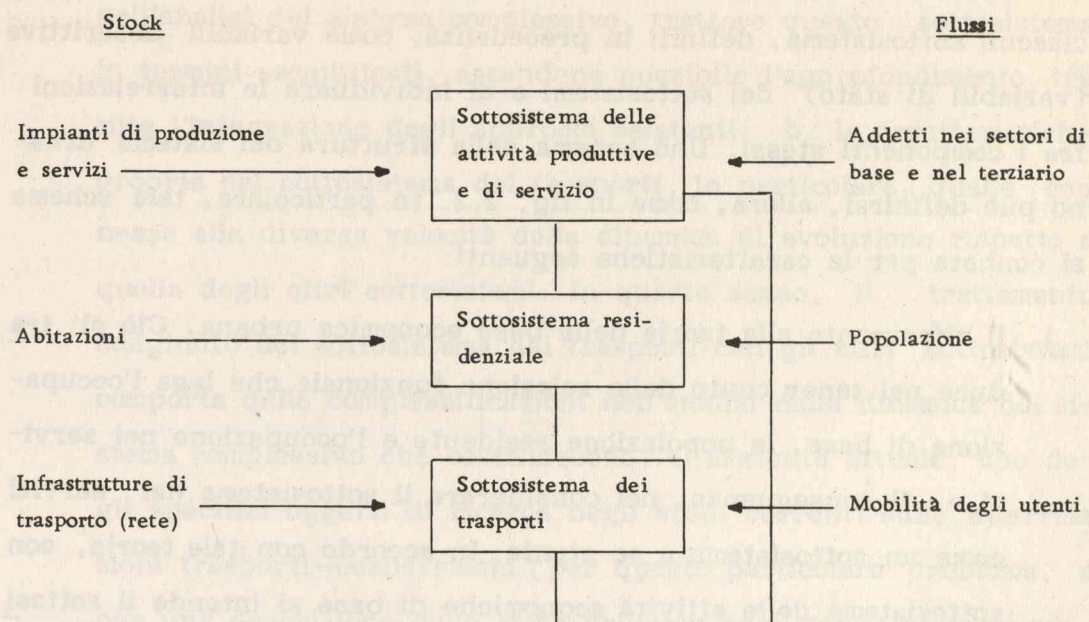


Figura 2.1. Principali sottosistemi del sistema urbano e loro principali componenti

Per il sottosistema delle attività di produzione e di servizio lo stock è rappresentato dagli impianti di produzione (industrie, stabilimenti ecc.) e dai servizi (uffici, scuole, ospedali, negozi ecc.) ed i flussi sono costituiti dagli spostamenti degli addetti degli impianti e servizi e dagli spostamenti degli utenti dei servizi.

Per il sottosistema residenziale, lo stock è costituito dalle abitazioni ed i flussi dagli spostamenti delle persone (famiglie) che in esse vi risiedono.

Per il sottosistema dei trasporti, infine, lo stock è dato dalle infrastrutture di trasporto, la rete, ed i flussi sono costituiti dagli utenti (addetti e popolazione) della rete stessa.

Un modo relativamente semplice di rappresentare la struttura complessiva del sistema urbano è quella di considerare i componenti di

ciascun sottosistema, definiti in precedenza, come variabili descrittive (variabili di stato) dei sottosistemi e di individuare le interrelazioni fra i componenti stessi. Uno schema della struttura del sistema urbano può definirsi, allora, come in fig. 2.2. In particolare, tale schema si connota per le caratteristiche seguenti:

- i. Il riferimento alla teoria della base economica urbana. Ciò si traduce nel tener conto della relazione funzionale che lega l'occupazione di base, la popolazione residente e l'occupazione nei servizi e, di conseguenza, nel considerare il sottosistema dei servizi come un sottosistema a se stante. In accordo con tale teoria, con sottosistema delle attività economiche di base si intende il sottosistema responsabile della crescita socioeconomica del sistema (cioè il sottosistema che produce principalmente per l'area esterna a quella del sistema urbano) e con sottosistema dei servizi (o terziario) si intende il sottosistema delle attività produttive rivolte alla popolazione del sistema (cioè il sottosistema che produce principalmente per la popolazione residente nell'area del sistema urbano);
- ii. il riconoscimento dell'importanza che il processo di localizzazione residenziale riveste nel determinare l'assetto spaziale e la dinamica del sistema urbano;
- iii. la semplificazione della rappresentazione del sottosistema dei trasporti con riferimento al quale, solo i principali output, in particolare, i costi di trasporto, vengono considerati in modo esplicito. Tale semplificazione, peraltro comune a molti schemi di sistema urbano, è dovuta, fondamentalmente, a due motivi: a. il maggior consolidamento degli approcci del sottosistema dei trasporti rispetto a quelli degli altri sottosistemi. Ciò rende conveniente,

nell'analisi del sistema complessivo, trattare questo sottosistema in termini semplificati, essendone possibile l'approfondimento tra mite l'integrazione degli approcci esistenti; b. le caratteristiche proprie del sottosistema dei trasporti, in particolare, quelle con nesse alla diversa velocità della dinamica di evoluzione rispetto a quella degli altri sottosistemi. In questo senso, il trattamento congiunto del sottosistema dei trasporti con gli altri sottosistemi comporta delle complessificazioni nell'analisi della dinamica del sistema complessivo che costituiscono, al momento attuale, uno degli specifici oggetti di ricerca negli studi correnti sulle interrela zioni trasporti-localizzazioni [per questo particolare problema, e per una descrizione dello stato dell'arte degli studi suddetti, cfr.: Bertuglia ed altri (eds.), 1987a e 1987b];

- iii. la scelta di trattare l'assetto degli usi del suolo come un vero e proprio sottosistema nonostante che, nella maggior parte degli schemi di sistema urbano, gli usi del suolo vengano generalmente considerati come fattori di input nella determinazione degli stock. Ciò significa riconoscere esplicitamente il ruolo di incentivazione o disincentivazione, che la struttura degli usi del suolo può assumere nell'indirizzare la dinamica degli stock. In questo senso, ciò suggerisce anche un modo semplificatorio per descrivere il componente stock di ciascun sottosistema.

Due principali tipi di relazioni interconnettono i sottosistemi dello schema di fig. 2.2. In primo luogo le relazioni che legano il sottosistema delle attività produttive di base a quello residenziale ed a quello dei servizi. Queste relazioni - basate sulla relazione funzionale della teoria della base economica urbana e ripresa nello schema causale di Lowry (1964) - costituiscono le interrelazioni socioeconomiche

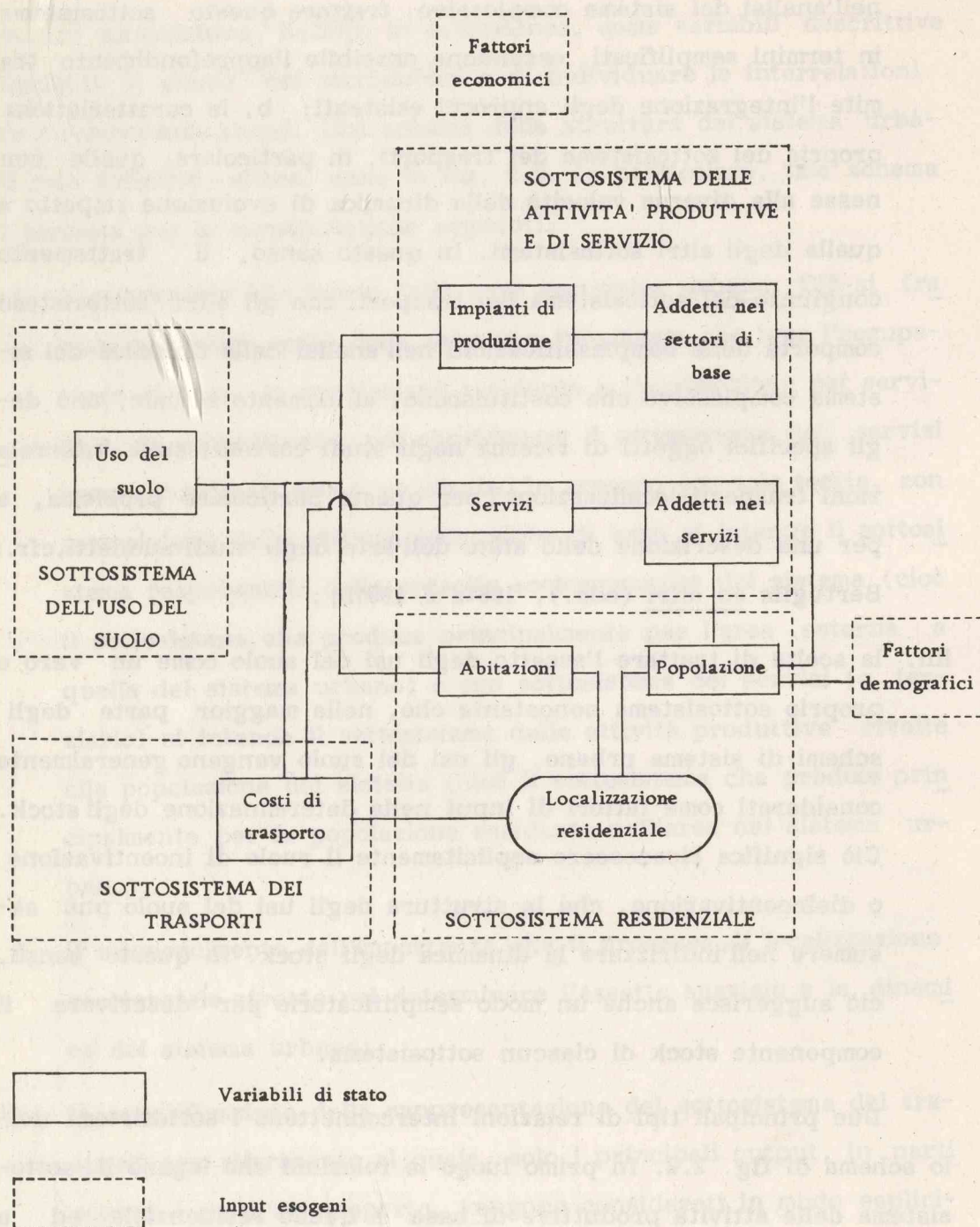


Figura 2.2 Schema della struttura dei sottosistemi del sistema urbano e loro principali interazioni

fondamentali tra i sottosistemi. In secondo luogo le relazioni di natura fisico-spaziale che legano il sottosistema dell'uso del suolo a quelli delle attività economiche e dei trasporti ed al sottosistema residenziale.

Posto quanto precede, i sottosistemi precedentemente individuati nello schema di fig. 2.2, possono essere descritti come di seguito esposto.

Sottosistema delle attività economiche di base

Questo sottosistema è costituito, come visto, dalle attività economiche che determinano lo sviluppo socioeconomico del sistema. Un'utile semplificazione, nel trattare questo sottosistema è quella di trascurare una rappresentazione esplicita degli stock e di concentrare l'attenzione sui flussi. La principale variabile descrittiva (variabile di stato) del sottosistema è quindi espressa dal numero di addetti (posti di lavoro) nelle attività di base situati in ciascuna zona dell'area del sistema, cfr.: fig. 2.3.

Esistono numerosi fattori, nonché diversi fenomeni socioeconomici anche complessi, responsabili del cambiamento del livello e della distribuzione spaziale degli addetti del sistema. Fra questi, se ne riconoscono alcuni fondamentali, che possono essere descritti con relativa facilità:

- a. le intensità di sviluppo delle attività di base per il sistema nel suo complesso. Esse dipendono dalla struttura economica generale del sistema e da fattori socioeconomici e politici, esterni al sistema stesso. In quanto tali, queste intensità, costituiscono i principali input esogeni del sottosistema. Esse possono essere espresse mediante dei tassi di variazione, in modo da tener conto

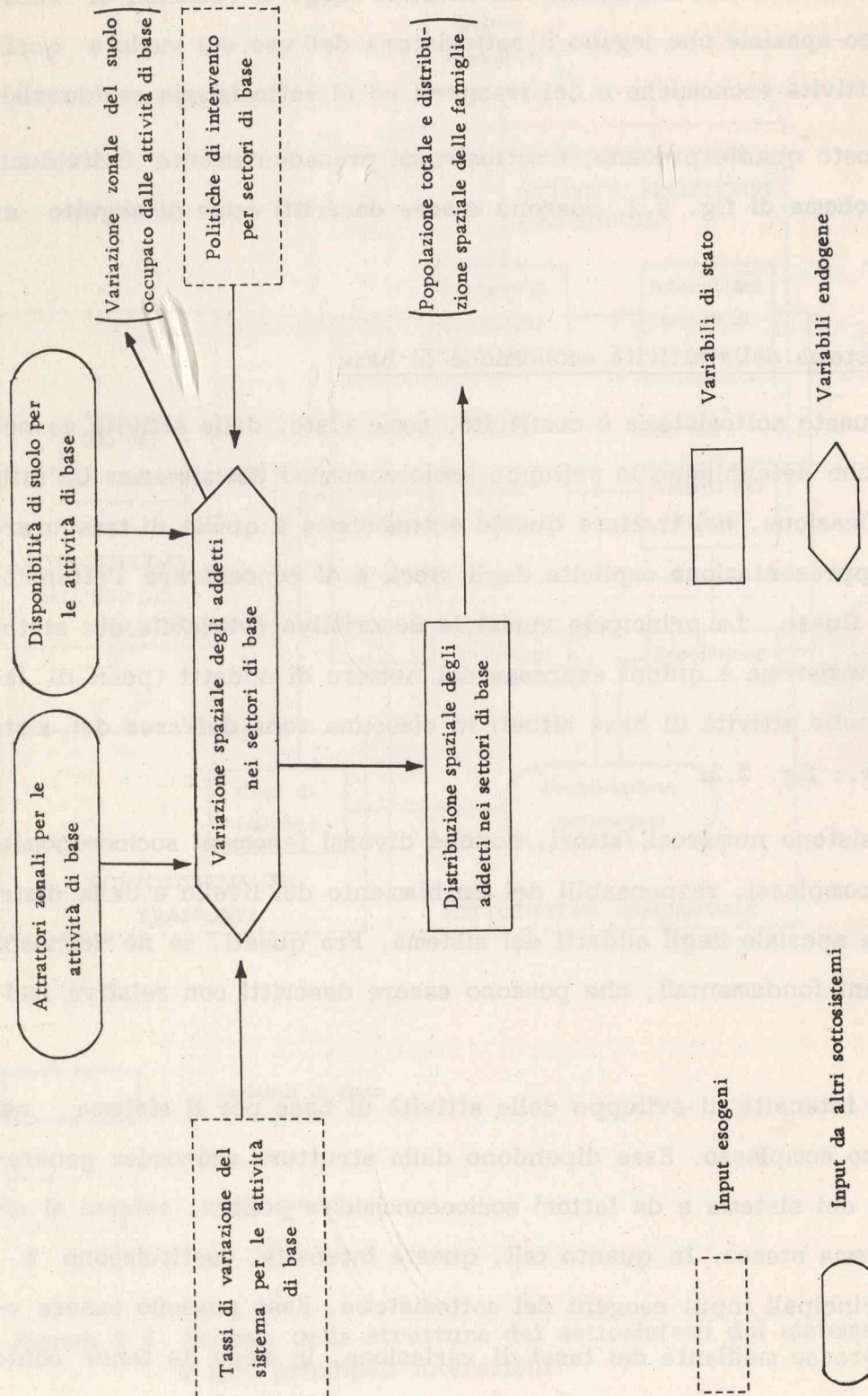


Figura 2.3 Sottosistema delle attività economiche di base

sia dei fenomeni di crescita sia dei fenomeni di declino che per le attività di base del sistema possono prodursi a seguito dei meccanismi economici o delle decisioni insediative che avvengono al di fuori del sistema stesso;

- b. la disponibilità di suolo in ciascuna zona, per l'insediamento delle attività di base o, più precisamente, di aliquote aggiuntive di posti di lavoro per tali attività. E' ragionevole assumere, infatti, che i nuovi posti di lavoro nelle attività di base possano localizzarsi solo nelle zone nelle quali vi sia del suolo disponibile per l'uso richiesto.

Si noti per inciso, che in questo modo è possibile descrivere, anche se indirettamente, il componente stock di questo sottosistema; la disponibilità di suolo, dipende dall'assetto degli usi del suolo nelle zone del sistema ed è quindi un output del sottosistema dell'uso del suolo;

- c. l'attrattività relativa di ciascuna zona per l'insediamento delle attività di base. Sulla base di quanto detto in sub b., è conveniente ipotizzare che l'attrattività sia funzione della disponibilità di suolo per le attività di base e dei costi di viaggio interzonali. La attrattività così definita rappresenta un indicatore aggregato della capacità insediativa delle zone per le attività di base e della struttura delle relazioni spaziali del sistema.

Anche l'attrattività può considerarsi un output del sottosistema di uso del suolo;

- d. le politiche urbane in ordine alle attività di base. E' evidente in fatti, che interventi puntuali nel sistema urbano previsti dai decisori pubblici - creazione di nuovi posti di lavoro, rilocalizzazio-

ne o chiusura di quelli esistenti - possano influire in misura significativa sul livello e sulla distribuzione spaziale degli addetti nei settori di base.

Le politiche di intervento sul settore di base sono un input esogeno del sottosistema.

Il principale output di questo sottosistema, la distribuzione spaziale degli addetti nel settore di base, costituisce un input del sottosistema residenziale. Inoltre, variazioni della distribuzione suddetta, sono un input del sottosistema dell'uso del suolo.

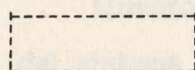
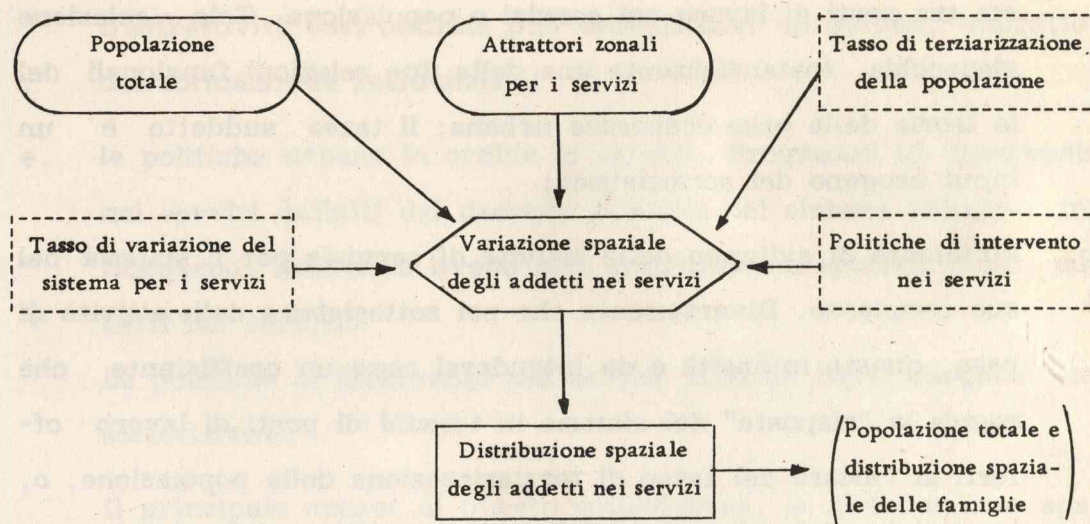
Sottosistema dei servizi

Questo sottosistema è costituito dalle attività economiche che producono principalmente per la popolazione del sistema urbano. Per questo sottosistema è conveniente, per semplicità, trascurare completamente la componente stock.

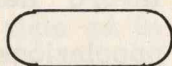
Una tale semplificazione, peraltro, può giustificarsi se si tiene presente che in un approccio generale al sistema urbano, lo stock dei servizi costituisce un'aliquota modesta rispetto a quello delle attività di base, nonché, sopra tutto, rispetto allo stock residenziale del quale, inoltre, molte volte ne è parte.

La variabile descrittiva (variabile di stato) del sottosistema è espressa dal numero di addetti (posti di lavoro) nei servizi, localizzati in ciascuna zona dell'area del sistema, cfr.: fig. 2.4. Fra i fattori che producono cambiamenti del livello e della distribuzione spaziale degli addetti nei servizi sono riconoscibili i seguenti:

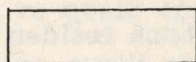
- a. il tasso di terziarizzazione della popolazione. Esso esprime la relazione socioeconomica che, a livello di sistema complessivo, sussi



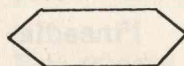
Input esogeni



Input da altri sottosistemi



Variabili di stato



Variabili endogene

Figura 2.4 Sottosistema dei servizi

ste tra posti di lavoro nei servizi e popolazione. Tale relazione rispecchia, sostanzialmente una delle due relazioni funzionali della teoria della base economica urbana; il tasso suddetto è un input esogeno del sottosistema;

- b. l'intensità di sviluppo delle attività di servizio per il sistema nel suo complesso. Diversamente che nel sottosistema delle attività di base, questa intensità è da intendersi come un coefficiente che regola la "risposta" del sistema in termini di posti di lavoro offerti al variare del tasso di terziarizzazione della popolazione, o, in altri termini, al variare della domanda di servizi nel sistema. In pratica, la considerazione di un tasso di questo tipo, significa riconoscere l'esistenza di fenomeni inerziali del sistema, che possono condizionare il processo di combinazione domanda-offerta di servizi nel sistema. Anche questo tasso può considerarsi un input esogeno del sottosistema;
- c. la popolazione totale del sistema. In accordo con quanto appena detto in sub b., è evidente che il livello di posti di lavoro nei servizi del sistema, è strettamente legato al livello di popolazione del sistema stesso.
La popolazione è, ovviamente, un output del sottosistema residenziale;
- d. l'attrattività relativa di ciascuna zona del sistema per l'insediamento dei servizi, o più precisamente, di aliquote aggiuntive di posti di lavoro nei servizi. Nonostante il ruolo di questo fattore sia analogo a quello utilizzato dal sottosistema delle attività di base, in questo caso l'attrattività è da definirsi in funzione della popolazione residente in ciascuna zona, e dei costi di viaggio interzonali.

L'attrattività così definita può considerarsi un output, indiretto, del sottosistema residenziale;

e. le politiche urbane in ordine ai servizi. Programmi di intervento nei servizi definiti dai decisori pubblici del sistema urbano influenzano, infatti, il livello e la distribuzione spaziale degli addetti nei servizi.

Le politiche di intervento nei servizi sono un input esogeno del sottosistema.

Il principale output di questo sottosistema, la distribuzione spaziale degli addetti nei servizi, è un input del sottosistema residenziale.

Il sottosistema residenziale

Questo sottosistema può considerarsi il sottosistema fondamentale del sistema urbano. La distribuzione dello stock residenziale è, infatti, quella che, in pratica, determina le caratteristiche della struttura spaziale ed in ultima analisi, della forma spaziale del sistema urbano. Inoltre, i meccanismi di funzionamento di questo sottosistema, in particolare quelli connessi alla localizzazione residenziale della popolazione, sono quelli che producono le dinamiche più rilevanti ed anche più complesse del sistema urbano.

Per queste ragioni la descrizione della struttura di questo sottosistema richiede un livello di approfondimento e di dettaglio relativamente maggiore di quelli utilizzati nella discussione degli altri sottosistemi urbani.

In particolare, l'attenzione è posta non solo sulla descrizione dei due principali componenti di questo sottosistema, le abitazioni e la popola-

zione, ma anche sulle relazioni che fra questi componenti intercorrono. Le principali variabili descrittive (variabili di stato) del sottosistema residenziale sono dunque il numero di abitazioni in ciascuna zona dell'area del sistema, la popolazione e naturalmente, la sua distribuzione spaziale nell'area del sistema, cfr.: fig. 2.5.

Per quanto riguarda le abitazioni, i fattori che possono produrre cambiamenti del livello e della distribuzione spaziale dello stock residenziale sono riconoscibili nei seguenti:

- a. l'intensità di sviluppo dello stock residenziale per il sistema nel suo complesso. Qualitativamente, tale intensità è sostanzialmente analoga alle intensità di sviluppo proprie delle attività di base. Essa può dunque essere espressa mediante dei tassi di variazione che tengono conto delle attività di nuova costruzione dello stock e di quelle di recupero e di demolizione dello stock abitativo obsoleto, complessivamente si svolgono nell'area del sistema. Nonostante questi tassi possano considerarsi, in parte, dei fattori endogeni del sottosistema residenziale - in quanto determinati dalle interazioni tra domanda ed offerta di abitazioni - si assume per semplicità che essi siano dei fattori esogeni;
- b. la disponibilità di suolo residenziale in ciascuna zona, per la costruzione di nuove abitazioni. Tale disponibilità, analogamente a quella relativa alle attività di base è un output del sottosistema dell'uso del suolo;
- c. l'attrattività relativa di ciascuna zona per nuovi insediamenti residenziali. Anche in questo caso, come nel sottosistema delle attività di base, l'attrattività è funzione della disponibilità di suolo residenziale e dei costi di viaggio interzonali. Essa rappresenta

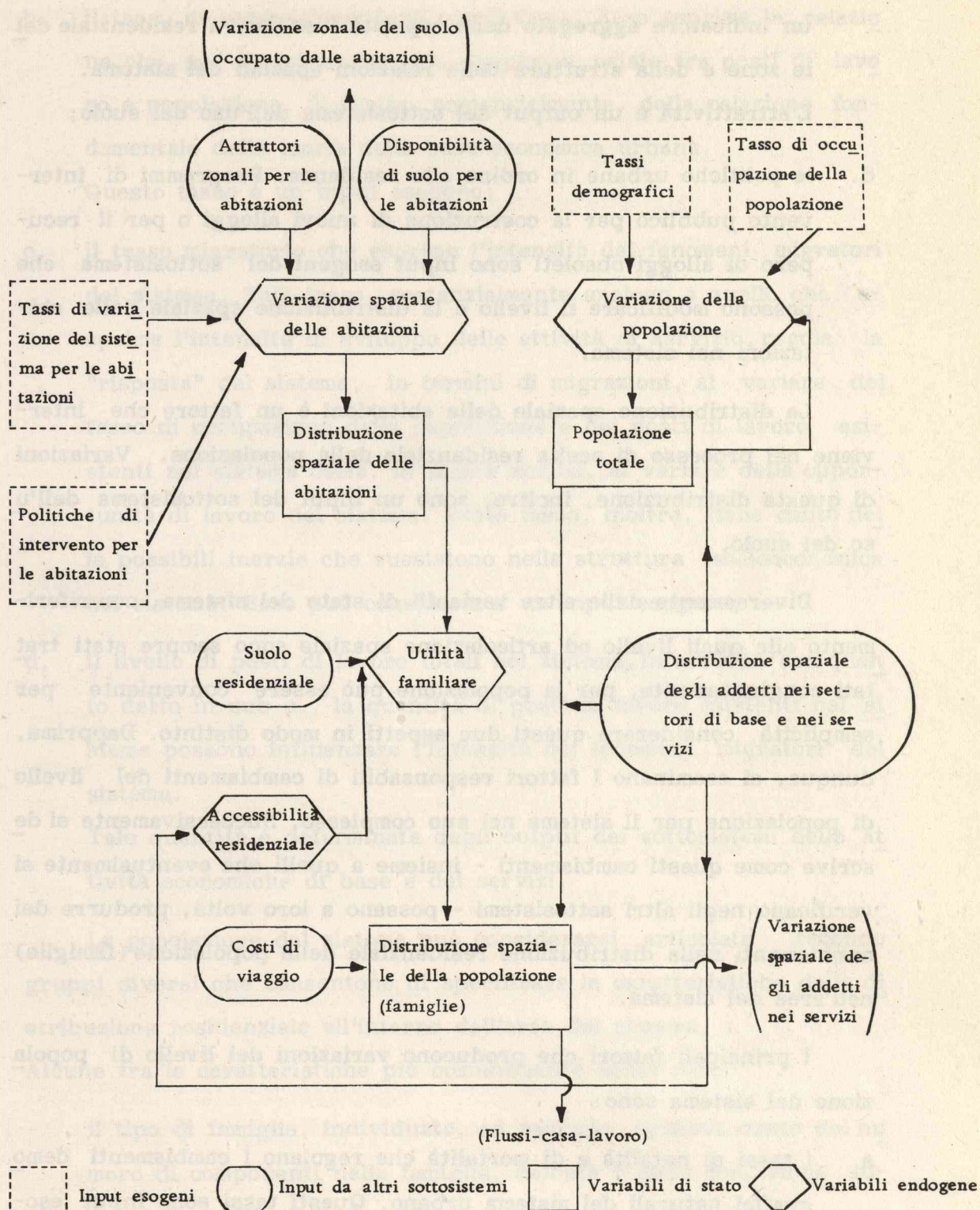


Figura 2.5 Sottosistema residenziale

un indicatore aggregato della capacità insediativa residenziale delle zone e della struttura delle relazioni spaziali del sistema.

L'attrattività è un output del sottosistema dell'uso del suolo;

- d. le politiche urbane in ordine alle residenze. Programmi di intervento pubblico per la costruzione di nuovi alloggi o per il recupero di alloggi obsoleti sono input esogeni del sottosistema che possono modificare il livello e la distribuzione spaziale delle abitazioni nel sistema.

La distribuzione spaziale delle abitazioni è un fattore che interviene nel processo di scelta residenziale della popolazione. Variazioni di questa distribuzione, inoltre, sono un input del sottosistema dell'uso del suolo.

Diversamente dalle altre variabili di stato del sistema, con riferimento alle quali livello ed articolazione spaziale sono sempre stati trattati congiuntamente, per la popolazione può essere conveniente per semplicità, considerare questi due aspetti in modo distinto. Dapprima, dunque, si esaminano i fattori responsabili di cambiamenti del livello di popolazione per il sistema nel suo complesso. Successivamente si descrive come questi cambiamenti - insieme a quelli che eventualmente si verificano negli altri sottosistemi - possano a loro volta, produrre dei cambiamenti nella distribuzione residenziale della popolazione (famiglie) nell'area del sistema.

I principali fattori che producono variazioni del livello di popolazione del sistema sono:

- a. i tassi di natalità e di mortalità che regolano i cambiamenti demografici naturali del sistema urbano. Questi tassi sono input esogeni;

- b. il tasso di occupazione della popolazione. Esso esprime la relazio
ne che, per il sistema nel suo complesso, esiste tra posti di lavo
ro e popolazione. Si tratta, sostanzialmente, della relazione fon-
damentale della teoria della base economica urbana.

Questo tasso è un input esogeno;

- c. il tasso migratorio che esprime l'intensità dei fenomeni migratori
del sistema. Tale tasso, sostanzialmente analogo a quello che e-
sprime l'intensità di sviluppo delle attività di servizio, regola la
"risposta" del sistema, in termini di migrazioni, al variare del
tasso di occupazione della popolazione e dei posti di lavoro esi-
stenti nel sistema ossia, in ultima analisi, al variare delle oppor-
tunità di lavoro del sistema. Detto tasso, inoltre, tiene conto del
le possibili inerzie che sussistono nella struttura socioeconomica
del sistema. Esso può considerarsi un input esogeno;

- d. il livello di posti di lavoro totali nel sistema. In accordo con quan-
to detto in sub c., la quantità di posti di lavoro esistenti nel si
stema possono influenzare l'intensità dei fenomeni migratori del
sistema.

Tale quantità è determinata dagli output dei sottosistemi delle at
tività economiche di base e dei servizi.

La popolazione del sistema può considerarsi articolata secondo
gruppi diversi che consentono di specificare le caratteristiche della di
stribuzione residenziale all'interno dell'area del sistema.

Alcune fra le caratteristiche più comunemente usate sono:

- il tipo di famiglia, individuato, ad esempio, tenendo conto del nu
mero di componenti della famiglia, dell'età e della condizione so-
cioprofessionale del capofamiglia, del reddito familiare, ecc.;

- il tipo di abitazione occupato, determinato ad esempio, dal numero di stanze, dall'epoca di costruzione, dalla superficie ecc.;
- e, naturalmente, la localizzazione nell'area del sistema, vale a dire la zona di residenza della famiglia, nonché la zona del luogo di lavoro del capofamiglia.

Variazioni del livello e della distribuzione spaziale degli addetti nei settori di base e nei servizi nonché cambiamenti del livello di popolazione sono i principali cambiamenti che possono modificare la distribuzione residenziale della popolazione (famiglie) producendo fenomeni noti come fenomeni di mobilità residenziale (cfr.: Leonardi, 1987a).

Le famiglie interessate dai cambiamenti suddetti saranno dunque indotte a ricercare una nuova residenza. E' ragionevole assumere che nella scelta della nuova residenza le famiglie prendano in considerazione due principali fattori: il primo - i costi di viaggio -, associato alla struttura delle relazioni spaziali del sistema ed il secondo - l'utilità familiare - connesso ad una valutazione di tipo economico delle opportunità residenziali del sistema. L'utilità familiare va qui intesa in senso lato, come il beneficio che le famiglie otterrebbero dalla scelta di una nuova residenza. Ad esempio, l'utilità può considerarsi funzione:

- a. delle caratteristiche residenziali di ciascuna zona, esprimibili, ad esempio, dal numero di abitazioni e dalla quantità di suolo residenziale in essa presenti (ove quest'ultima è un output del sottosistema dell'uso del suolo);
- b. dell'accessibilità residenziale di ciascuna zona, vale a dire delle possibilità di accesso di ciascuna zona di residenza a tutte le altre zone di lavoro del sistema. L'accessibilità così definita, dipende quindi dal livello e dalla distribuzione dei posti di lavoro nel

l'area del sistema (output dei sottosistemi delle attività economiche di base e dei servizi) e dai costi di viaggio.

Il principale output del sottosistema residenziale, la distribuzione residenziale della popolazione (o delle famiglie) nell'area del sistema è a sua volta un input del sottosistema dei servizi.

Altri output possono essere derivati dall'output suddetto. Fra questi, uno certamente significativo nella descrizione del sistema urbano è costituito dai flussi casa-lavoro.

Sottosistema dell'uso del suolo

Le principali variabili descrittive (variabile di stato) di questo sottosistema sono le quantità di suolo occupato e di suolo di progetto per i diversi usi, che esistono in ciascuna zona dell'area del sistema, cfr.: fig. 2.6.

Per suolo di progetto si intende, semplicemente, il suolo che viene destinato ad un certo uso da "un piano" che regola e norma le modalità di uso del suolo in ciascuna zona. Variazioni dei suoli di progetto dipendono quindi, essenzialmente, dalle politiche definite dai decisori pubblici in ordine all'assetto degli usi del suolo nelle zone. Tali politiche sono un input esogeno del sottosistema.

Variazioni del suolo occupato in ciascuna zona sono determinate, principalmente, dai cambiamenti che si producono nel livello delle attività presenti nella zona. L'insediamento di aliquote aggiuntive di una certa attività (incremento dei posti di lavoro, o costruzione di nuove abitazioni) in una zona, produce, generalmente, un aumento del suolo occupato da quell'attività nella zona. Viceversa una riduzione del livello dell'attività (a seguito della diminuzione dei posti di lavoro

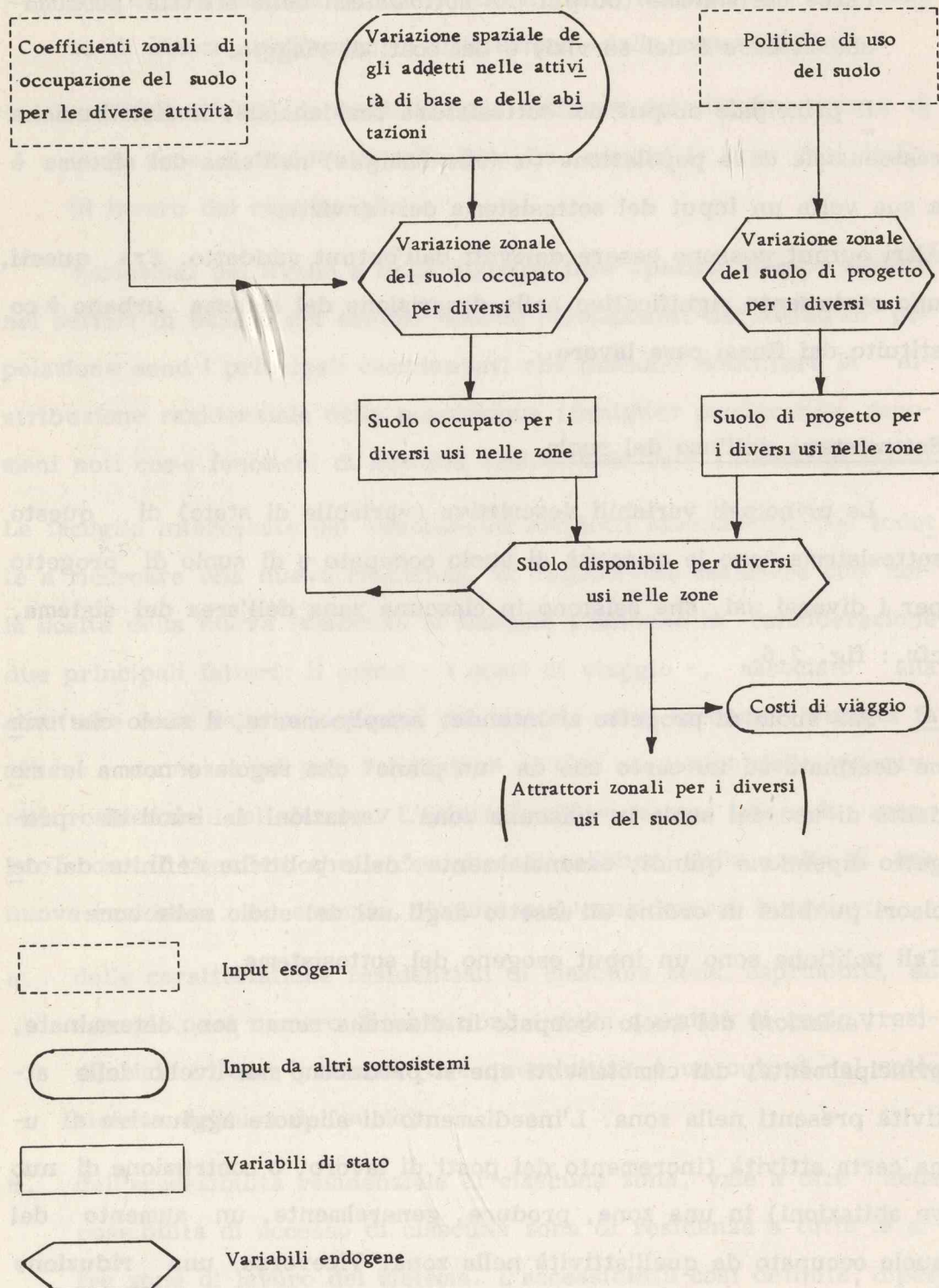


Figura 2.6 Sottosistema dell'uso del suolo

o della demolizione dello stock abitativo) produrrà, presumibilmente, una riduzione del suolo occupato nella zona.

I cambiamenti suddetti sono degli output del sottosistema delle attività economiche di base e del sottosistema residenziale.

In ciascuna zona, la differenza tra la quantità di suolo di progetto e la quantità di suolo occupato da una certa attività, determina (se positiva) la quantità di suolo libero, disponibile per quell'attività. Solo in tal caso, aliquote aggiuntive di una certa attività potranno insediarsi. La quantità di suolo che verrà utilizzata può essere determinata tramite un coefficiente zonale di occupazione del suolo proprio dell'attività. I coefficienti zonali di occupazione del suolo per l'insediamento delle diverse attività sono input esogeni del sottosistema.

Se in una zona non esiste nessuna disponibilità di suolo per una certa attività, l'unico cambiamento che può prodursi per quell'attività è una riduzione del suo livello. In questo caso, la quantità di suolo che viene rilasciata - determinata, in modo endogeno, tramite un coefficiente zonale di occupazione del suolo - potrà essere nuovamente disponibile per l'insediamento di nuove aliquote dell'attività stessa od, eventualmente, di altre attività.

La disponibilità zonale di suolo per i diversi usi, costituisce un input del sottosistema delle attività economiche di base e del sottosistema residenziale. Inoltre, tale disponibilità insieme ai costi di viaggio, consente di determinare, come già detto, l'attrattività relativa di ciascuna zona per le diverse attività.

2.3. La dinamica

Si descrivono ora brevemente i meccanismi che determinano l'evoluzione del sistema urbano nel corso del tempo. Per semplicità, si fa riferimento qui all'articolazione in sottosistemi di fig. 2.1, tralasciando di trattare il sottosistema dell'uso del suolo come sottosistema a sé stante e considerando nuovamente il sottosistema dei trasporti.

I sottosistemi precedentemente considerati si ritrovano nei primi tre blocchi dello schema di funzionamento del sistema urbano, delineato in fig. 2.7. Precisamente il sottosistema delle attività produttive e di servizio nel blocco (1), il sottosistema residenziale nel blocco (2) ed il sottosistema dei trasporti nel blocco (3).

Come già emerso dalla discussione dei sottosistemi in 2.2., ciascuno dei sottosistemi è soggetto a processi di cambiamento che ne modificano i componenti fondamentali.

Nel tempo, nuove aliquote di stock vengono aggiunte allo stock esistente, a seguito di interventi di costruzione, altre vengono rinnovate a seguito di interventi di recupero dello stock esistente, altre ancora, vengono demolite a seguito di interventi di demolizione dello stock obsoleto e comunque non più utilizzabile.

Contemporaneamente, anche i flussi subiscono dei cambiamenti. Fenomeni migratori e trasformazioni socioeconomiche del sistema producono delle variazioni nella popolazione e negli addetti del sistema; domanda ed offerta di beni e servizi risultano diverse, e muta anche la domanda di spostamento (e la mobilità) del sistema.

Inoltre nel processo (dinamico) di cambiamento, ciascun sottosistema interagisce con gli altri sottosistemi tramite delle interazioni dinamiche che possono essere definite come segnali di tensione [blocco

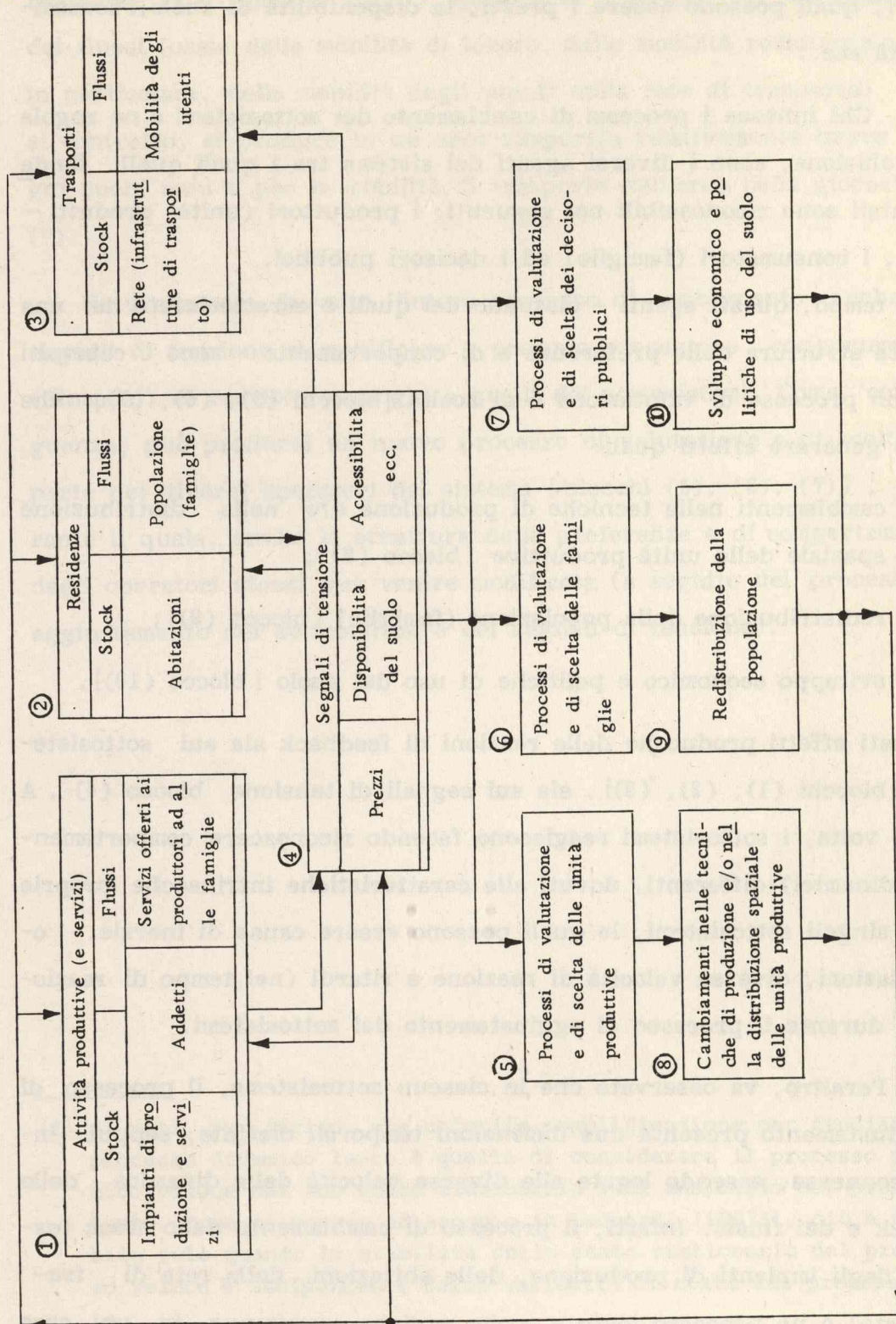


Figura 2.7 Schema del funzionamento del sistema urbano

(4)], quali possono essere i prezzi, la disponibilità di suolo, l'accessibilità ecc..

Chi innesca i processi di cambiamento dei sottosistemi e ne regola l'evoluzione, sono i diversi agenti del sistema tra i quali quelli fondamentali sono riconoscibili nei seguenti: i produttori (unità produttive), i consumatori (famiglie) ed i decisori pubblici.

Nel tempo, questi agenti - ciascuno dei quali è caratterizzato da una certa struttura delle preferenze e di comportamento - sono coinvolti in un processo di valutazione e di scelta [blocchi (5), (6), (7)] che può generare effetti quali:

- a. cambiamenti nelle tecniche di produzione e/o nella distribuzione spaziale delle unità produttive [blocco (8)];
- b. redistribuzione della popolazione (famiglie) [blocco (9)];
- c. sviluppo economico e politiche di uso del suolo [blocco (10)].

Questi effetti producono delle reazioni di feedback sia sui sottosistemi [blocchi (1), (2), (3)], sia sui segnali di tensione blocco (4). A loro volta, i sottosistemi reagiscono facendo riconoscere comportamenti (dinamici) differenti, dovuti alle caratteristiche intrinseche proprie dei singoli sottosistemi, le quali possono essere causa di inerzie, oscillazioni, diversa velocità di reazione e ritardi (nel tempo di reazione) durante il processo di aggiustamento dei sottosistemi.

Peraltro, va osservato che in ciascun sottosistema, il processo di aggiustamento presenta due dimensioni temporali distinte, seppur interconnesse, essendo legate alle diverse velocità della dinamica dello stock e dei flussi. Infatti, il processo di cambiamento dello stock (ossia degli impianti di produzione, delle abitazioni, della rete di trasporto) è un processo lento - e che avviene, comunque, in un arco

temporale relativamente lungo - rispetto al processo di cambiamento dei flussi (ossia della mobilità di lavoro, della mobilità residenziale, ed, in particolare, della mobilità degli utenti sulla rete di trasporto) che al contrario, si produce in un arco temporale relativamente breve (ogni pochi anni e per la mobilità di trasporto nell'arco della giornata) (*).

Naturalmente, durante l'intero processo di cambiamento anche i segnali di tensione si modificano e possono presentare comportamenti (dinamici) di reazione analoghi a quelli dei sottosistemi. Come conseguenza, può prodursi un nuovo processo di valutazione e di scelta da parte dei diversi operatori del sistema [blocchi (5), (6), (7)], durante il quale, anche la struttura delle preferenze e di comportamento degli operatori stessi può venire modificata (a seguito dei processi di aggiustamento dei sottosistemi e dei segnali di tensione).

(*) Si noti, per inciso, che un'utile semplificazione per studiare un processo dinamico lento è quella di considerare il processo dinamico veloce nel suo stato stazionario e di annidarlo nel processo lento. Come si mostra ad esempio in Leonardi (1987a), ciò è possibile solo quando la stabilità dello stato stazionario del processo veloce è indipendente dalle variabili di stato del processo lento.

3. IL MODELLO DI SIMULAZIONE

3.1. Introduzione

Questo capitolo illustra il modello matematico che è stato costruito per descrivere la struttura e la dinamica del sistema urbano. Si tratta di un modello a larga scala, spazialmente disaggregato, che utilizza la tecnica di simulazione per descrivere l'evoluzione della struttura spaziale del sistema urbano.

L'esposizione viene sviluppata per passi successivi. Dapprima, in 3.2., si introducono i nuclei teorici che stanno alla base del modello e si presenta la forma generale dell'equazione strutturale che da tali nuclei è possibile derivare. Successivamente, in 3.3., si delinea l'architettura complessiva ed il funzionamento generale del modello ed infine, si descrivono le operazioni dei singoli sottomodelli.

3.2. Fondamenti teorici

La struttura teorica del modello è fondata su tre principali approcci, che possono considerarsi, oramai, completamente consolidati nel campo delle scienze territoriali, precisamente: la teoria della base economica (Lowry, 1964), l'approccio di interazione spaziale (Wilson, 1970, 1974) e l'analisi dinamica dei sistemi (Forrester, 1969).

Considerati singolarmente, ciascuno di questi approcci, consente di descrivere certi particolari aspetti della struttura e della dinamica del sistema urbano. Precisamente, i primi due si riferiscono sostanzialmente, alla struttura del sistema urbano, permettendo di descriverne le interazioni di natura socioeconomica e quelle di natura spaziale. Il terzo approccio, tratta invece le dinamiche del sistema urbano, con-

sentendo di descriverne l'evoluzione temporale delle interazioni socioe-
conomiche e di quelle spaziali.

La struttura teorica del modello, incorpora in un unico apparato
concettuale gli elementi essenziali tipici dei tre approcci sopra richia-
mati. In questo senso essa si configura come un approccio "ibrido"
ed in certa misura più generale degli approcci suddetti presi singo-
lamente.

Sotteso a tale approccio è, infatti, lo sforzo di analizzare l'evoluzio-
ne temporale della struttura urbana considerata in dettaglio nella
sua complessità economica e spaziale.

Per introdurre fin d'ora le caratteristiche dell'approccio suddet-
to, si consideri la seguente espressione che costituisce la forma ge-
nerale dell'equazione strutturale del modello:

$$R_j^m(t+\Delta) = R_j^m(t) + *R_j^m(t, t+\Delta) \quad (3.1)$$

ove

$R_j^m(t+\Delta)$, $R_j^m(t)$, rappresentano la quantità di attività m presente
nella zona j , rispettivamente, al tempo $t+\Delta$ ed al
tempo t ;

$*R_j^m(t, t+\Delta)$ rappresenta la variazione della quantità di attività
 m nella zona j nell'intervallo di tempo $(t, t+\Delta)$.

Il significato di questa espressione è intuitiva: la quantità di at-
tività (posti di lavoro, popolazione, abitazioni) presente in una zona
dell'area del sistema ad una certa epoca temporale dipende dalla quan-
tità dell'attività stessa, presente in quella zona all'epoca precedente,

e dalla variazione zonale che, nel periodo di tempo compreso fra le epoche temporali considerate, si produce per quell'attività.

E' evidente che il terzo termine dell'espressione (3.1) è il fattore responsabile del cambiamento zonale dell'attività m nel corso del tempo. Tale fattore, in generale, può considerarsi una funzione della quantità stessa di attività già localizzata nella zona, R_j^m , di un certo tasso di cambiamento proprio dell'attività stessa, r^m (relativo, cioè, alle caratteristiche del suo sviluppo nel complesso dell'area del sistema), della capacità insediativa della zona, C_j^m (ossia delle possibilità della zona di accogliere quantità addizionali di attività), dell'attrattività A_j^m della zona stessa ed, infine, di interventi puntuali, Z_j^m , relativi a quell'attività, da parte dell'operatore pubblico. Una espressione generale del termine $*R_j(t, t+\Delta)$ è allora:

$$*R_j^m(t, t+\Delta) = f[R_j^m(t), r^m(t, t+\Delta), C_j^m(t, t+\Delta), A_j^m(t, t+\Delta), Z_j^m(t, t+\Delta)] \quad (3.2).$$

Una prima caratteristica essenziale sottesa dalle espressioni (3.1) e (3.2) è l'attenzione posta sulla descrizione del processo di cambiamento che un'attività del sistema subisce nel corso del tempo. In tale caratteristica si riconosce (e lo sarà in termini più chiari nella formulazione matematica del modello) il contributo di Forrester (1969) all'analisi della dinamica dei sistemi.

Una seconda caratteristica è lo sforzo di analizzare le implicazioni spaziali del processo di cambiamento suddetto. In particolare, ciò significa tener conto:

- a. degli effetti spaziali che lo sviluppo di un'attività può produrre (ossia di come i punti del territorio del sistema possano essere

interessati in modo ed in misura diversa dalla crescita o dal declino di una certa attività);

- b. di come gli attributi propri della dimensione spaziale - quali, ad esempio, la "distanza" tra le zone del sistema, le caratteristiche fisico-spaziali del territorio - influenzino la localizzazione di una attività ed il processo di sviluppo dell'attività stessa in una certa localizzazione. In tale caratteristica emerge, seppur in modo implicito, il contributo dell'approccio di interazione spaziale.

Si noti, che proprio l'introduzione della dimensione spaziale costituisce dal punto di vista teorico-metodologico un elemento innovativo rispetto all'analisi di tipo forrestiana, la quale descrive il processo di evoluzione temporale del sistema non spazializzato. In realtà, la introduzione suddetta e l'architettura complessiva del modello, fanno sì che le similarità dell'approccio qui utilizzato con quello forrestiano non siano, in realtà, solo di natura formale (in particolare, nella forma dell'espressione 3.1).

Un'ultima caratteristica del presente approccio teorico, che però non traspare esplicitamente dalle precedenti espressioni (3.1) e (3.2) concerne le relazioni che esistono fra le dinamiche spazio temporali delle diverse attività del sistema. Intuitivamente, è lecito supporre che esisteranno tante espressioni del tipo (3.1) e (3.2) quante sono le attività considerate nella descrizione del sistema urbano.

In generale, tali relazioni sono determinate da una componente di natura socioeconomica in quanto connesse al tipo di attività cui si riferiscono (popolazione, abitazioni, attività produttive e di servizio ecc.), e da una componente di natura spaziale in quanto connesse alla distribuzione sul territorio delle diverse attività. In particolare, in

questo caso, le principali relazioni di natura socioeconomica sono riconducibili a quelle di tipo Lowriano (Lowry, 1964), e le principali relazioni di natura spaziale possono essere rappresentate mediante un approccio di interazione spaziale (Wilson, 1970, 1974).

3.3. Il modello complessivo ed i sottomodelli

Dalle caratteristiche dell'approccio utilizzato e precedentemente illustrato in 3.2., discende che il modello predisposto è:

- a. un modello a larga scala, spazialmente disaggregato, i cui fondamenti teorici sono come già detto, per gli aspetti socioeconomici, lo schema causale di Lowry (Lowry, 1964) e, per gli aspetti spaziali, l'approccio di interazione spaziale (in particolare, la massimizzazione dell'entropia) (Wilson, 1970);
- b. un modello di simulazione, i cui aspetti formali si rifanno, come visto, alla formalizzazione matematica forresteriana (Forrester, 1969).

In quanto modello a larga scala, spazialmente disaggregato, esso permette di descrivere l'evoluzione socioeconomica e le interazioni spaziali di un sistema urbano, ad un livello di articolazione spaziale relativamente elevato. Il modello consente, quindi, di determinare gli effetti dello sviluppo (e contenimento) delle diverse attività (e della loro distribuzione), sulle altre attività (e sulla loro distribuzione) e di evidenziare così il ruolo dello spazio (ed anche le sue inerzie) nella determinazione degli effetti suddetti.

In quanto modello di simulazione, esso consente di descrivere il comportamento del sistema urbano in oggetto nel corso del tempo.

Da un punto di vista strettamente matematico, la simulazione - intesa come l'applicazione ripetuta delle equazioni del modello - è una procedura per derivare il comportamento di un sistema non modellizzabile con un approccio analitico diretto (ossia come soluzione di un sistema di equazioni). Nel caso del presente modello, tale procedura è utilizzata per trattare la dimensione temporale del comportamento del sistema. Ciò consente di tener conto delle relazioni di feed-back tra i diversi sottosistemi (cfr.: fig. 2.7) e di introdurre la modellizzazione dei fenomeni di ritardo (per quanto questi ultimi siano solo implicitamente trattati nel presente modello).

La struttura del modello complessivo è mostrata in fig. 3.1. E' possibile riconoscere una corrispondenza diretta tra l'articolazione in sottosistemi considerata in fig. 2.2 e l'articolazione in sottomodelli di fig. 3.1. A ciascuno dei sottosistemi del sistema urbano, precedentemente considerati è infatti associato un relativo sottomodello. L'insieme dei sottomodelli e delle reciproche interrelazioni definiscono la struttura del modello complessivo.

Due osservazioni devono essere avanzate in ordine a tale struttura:

- a. in primo luogo, il sottosistema residenziale viene descritto tramite tre sottomodelli distinti. Data l'importanza di tale sottosistema nel funzionamento generale del sistema urbano, si è ritenuto opportuno trattare in modo separato i due componenti fondamentali di questo sottosistema (lo stock di abitazioni e la popolazione) (cfr.: fig. 2.5) e modellizzare in modo esplicito, tramite un sottomodello di localizzazione residenziale, le relazioni che fra queste due componenti intercorrono;

- b. in secondo luogo, coerentemente a quanto fatto in 2.2., il sottosistema dei trasporti viene descritto in modo semplificato. A questo sottosistema, quindi, non corrisponde un sottomodello, bensì una variabile di input, esogena, che rappresenta la principale variabile descrittiva del sottosistema (i costi di trasporto).

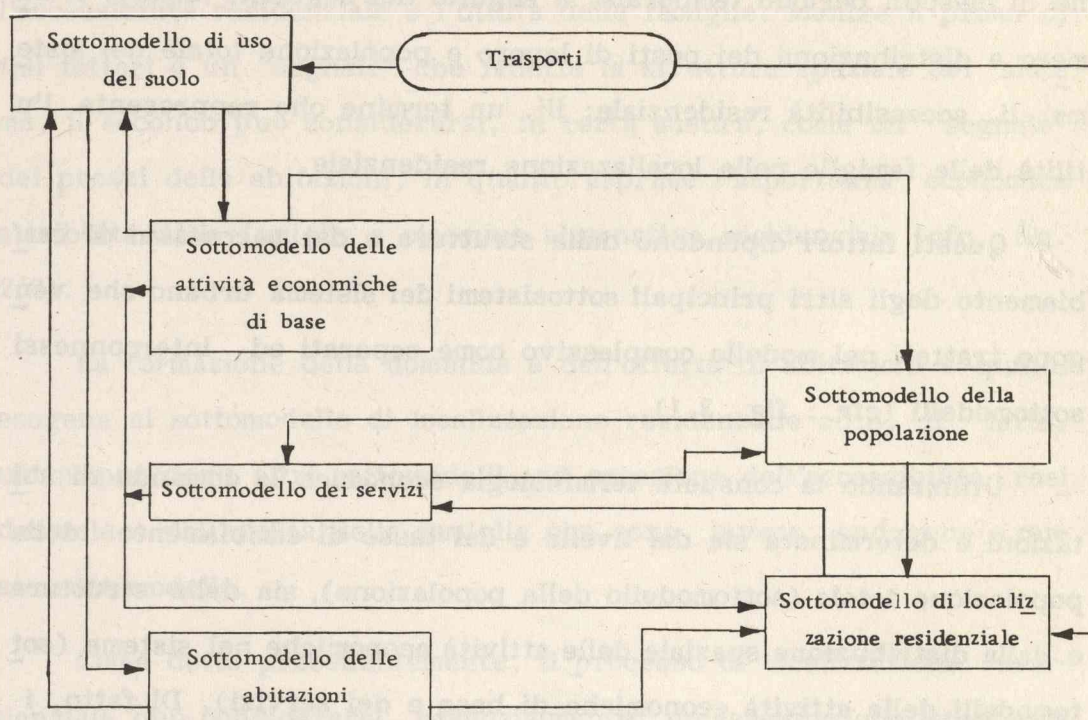


Figura 3.1 Il modello complessivo: i sottomodelli e le principali interrelazioni

Prima di illustrare in dettaglio il funzionamento di ciascun sottomodello è utile esaminare, in termini generali, il ruolo di ciascuno di essi all'interno del modello complessivo. Ciò consente di cogliere bene gli aspetti essenziali del funzionamento del modello complessivo.

Il cuore del modello di simulazione è costituito dal sottomodello di localizzazione residenziale. Esso è volto alla determinazione della distribuzione residenziale delle famiglie (e, quindi, della popolazione) nell'area del sistema urbano. Tale distribuzione viene considerata come il risultato di un processo istantaneo che si produce alla fine di ciascun periodo temporale, a seguito dei seguenti fattori: i. numero e distribuzione dei posti di lavoro e popolazione totale del sistema; ii. accessibilità residenziale; iii. un termine che rappresenta l'utilità delle famiglie nella localizzazione residenziale.

Questi fattori dipendono dalla struttura e dai meccanismi di cambiamento degli altri principali sottosistemi del sistema urbano che vengono trattati nel modello complessivo come separati ed interconnessi sottomodelli (cfr.: fig. 3.1).

Utilizzando la consueta terminologia economica, la domanda di abitazioni è determinata sia dal livello e dal tasso di cambiamento della popolazione totale (sottomodello della popolazione), sia dalla struttura e dalla distribuzione spaziale delle attività economiche nel sistema (sottomodelli delle attività economiche di base e dei servizi). Di fatto, i cambiamenti nei settori economici e nella localizzazione dei posti di lavoro sono i principali fattori che influenzano la domanda di localizzazione residenziale e solo le famiglie con capofamiglia occupato entrano nel "mercato delle abitazioni". In realtà, in ciascun periodo temporale, tutte le famiglie vengono riallocate e la distribuzione delle famiglie con capofamiglia non occupato è ottenuta tramite un semplice aggiornamento della distribuzione stessa, sulla base del nuovo livello di popolazione del sistema e della nuova distribuzione delle famiglie con capofamiglia occupato.

L'offerta di abitazioni è trattata ad un livello piuttosto generale ed è rappresentata da due termini della funzione di utilità delle famiglie (stock delle abitazioni e suolo residenziale) (sottomodelli delle abitazioni e dell'uso del suolo).

Fattori chiave del processo di localizzazione residenziale sono l'accessibilità residenziale e l'utilità delle famiglie. Mentre il primo di tali fattori è un "segnale" che riflette la struttura spaziale del sistema, il secondo può considerarsi, in certa misura, come un "segnale" dei prezzi delle abitazioni, in quanto esprime l'importanza economica attribuita dalle famiglie a ciascuna alternativa residenziale (cfr.: fig. 2.7).

La formazione della domanda e dell'offerta di abitazioni è quindi esogena al sottomodello di localizzazione residenziale ed è, di fatto, un output degli altri sottomodelli, ad eccezione dell'accessibilità residenziale e dell'utilità delle famiglie che sono, invece, endogene a questo sottomodello.

Come detto precedentemente, il processo di localizzazione residenziale può considerarsi, essenzialmente, un'assegnazione istantanea delle famiglie che richiedono una nuova residenza (tutte le famiglie occupate) alle alternative residenziali disponibili. Ciò che il sottomodello di localizzazione residenziale determina, alla fine di ciascun periodo temporale, è la nuova distribuzione residenziale delle famiglie (e, quindi, della popolazione) del sistema.

Il confronto di queste distribuzioni a diversi istanti del tempo consente di individuare le variazioni prodottesi nella configurazione spaziale della popolazione, ciò che fornisce un indicatore globale degli effetti dei cambiamenti avvenuti negli altri sottosistemi. La fig. 3.2 illustra schematicamente quanto appena detto, utilizzando una rappre-

sentazione basata su "mappe geografiche" dello stato del sistema in due istanti del tempo (t e $t+\Delta$).

Come emerge da detta figura, i flussi di popolazione (configurazione spaziale della popolazione) in ciascun istante sono il risultato delle interazioni tra i posti di lavoro e le abitazioni situate nelle diverse zone del sistema (in ciascun istante del tempo). Ciò che "spinge" il sistema da uno stato al tempo t ad uno stato al tempo $t+\Delta$ è determinato da un meccanismo di aggiustamento della distribuzione spaziale dei posti di lavoro e delle abitazioni, il quale a sua volta dipende, in parte, dalle dinamiche endogene del modello (sistema) stesso e, in parte, da input esogeni [cfr.: eqq. (3.1) e (3.2)].

Di fatto, la fig. 3.2, rappresenta un processo di aggiustamento di statica comparata nel quale i meccanismi di aggiornamento da uno stato del sistema al tempo t ad uno stato al tempo $t+\Delta$ avvengono all'interno di una "scatola nera" indicata in figura con una nuvola.

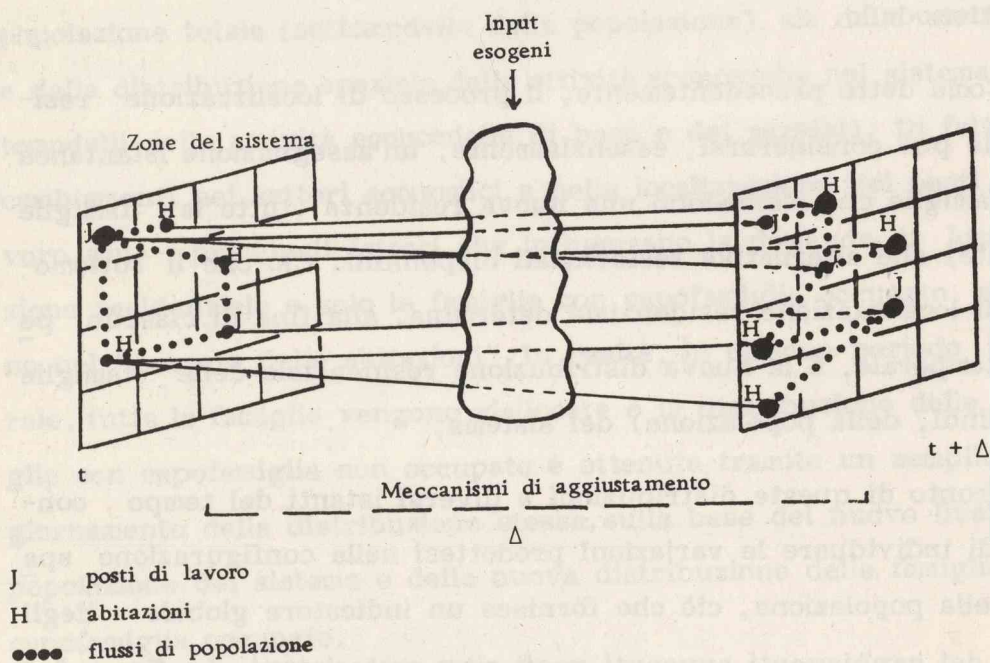


Figura 3.2 "Mappe" dei cambiamenti della configurazione spaziale della popolazione

Ciò che in questo modello viene introdotto esplicitamente è la dipendenza dall'assetto spaziale degli usi del suolo la quale, di conseguenza, richiede la modellazione del meccanismo di aggiornamento degli usi del suolo (nonché della struttura delle interazioni spaziali fra le zone del sistema). Questa relazione di dipendenza implica anche l'esistenza di un processo di competizione spaziale fra le zone, che viene espresso tramite termini, A_j^m , che possono agire sia da "attrattori" sia da "repulsori" alla localizzazione delle diverse attività nelle zone. E' attraverso tali termini che in ciascun periodo temporale il processo di aggiustamento spaziale viene effettuato. Quindi, ad un livello generale, una componente non lineare è implicitamente presente in detto processo, e ciò nella misura in cui le variazioni delle attività nelle zone sono soggette alla determinazione endogena dei termini suddetti. Precisamente, tali termini assumono la forma seguente:

$$A_j^m(t, t+\Delta) = \frac{\sum_i L_j^m(t) \cdot e^{-\theta(\sum_v T_{ij}^v \cdot \mu^v)}}{\sum_{i,j} L_j^m(t) \cdot e^{-\theta(\sum_v T_{ij}^v \cdot \mu^v)}} \quad (3.3)$$

ove

$t, t+\Delta$ sono gli istanti iniziali e finali dell'intervallo temporale Δ (ad esempio un anno);

L_j^m è il suolo libero disponibile nella zona j per l'attività m (L_j^m è calcolato in ciascun periodo del tempo dal sottomodello di uso del suolo come differenza tra suolo di progetto \hat{L}_j^m e suolo occupato \bar{L}_j^m ; se non c'è suolo libero disponibile, $L_j^m \leq 0$, allora anche A_j^m sono nulli);

θ è il parametro di impedenza della distanza;

T_{ij}^v è il costo di viaggio dalla zona i alla zona j con il mezzo di trasporto v ;

μ^v è il coefficiente di ripartizione modale per il mezzo di trasporto v .

Il processo di competizione spaziale, che quindi si può produrre, avviene tra zone con disponibilità di suolo maggiore, ma con costi di trasporto più elevati (minore accessibilità) e zone con disponibilità di suolo minore, ma con costi di trasporto meno elevati (maggiore accessibilità). In pratica, come detto, i costi di trasporto (tempi di viaggio per il mezzo di trasporto pubblico ed il mezzo privato) non vengono ottenuti tramite un sottomodello di trasporto, ma sono introdotti nel modello in modo esogeno (come matrici dei tempi di spostamento interzonali) a certi istanti del tempo.

Si passa ora alla descrizione dei sottomodelli contenuti in fig. 3.1. L'ordine di presentazione dei sottomodelli non rispetta in modo fedele quello precedentemente seguito nella descrizione dei sottosistemi, ma segue, sostanzialmente, l'ordine nel quale intervengono nel modello complessivo.

Per comodità d'esposizione, si definiscono, fin d'ora gli indici che caratterizzano le variabili del modello:

i	indica la zona di residenza,	$i = 1, I$
j	indica la zona del posto di lavoro,	$j = 1, J$
s	indica il tipo di alloggio	$s = 1, S$
b	indica il settore economico di base,	$b = 1, B$
l	indica il settore del terziario,	$l = 1, L$
f	indica il tipo di famiglia per le famiglie con capofamiglia occupato,	$f = 1, F$

- g indica il tipo di famiglia per le famiglie con capofamiglia non occupato, $g = 1, G$
- v indica il tipo di mezzo di trasporto, $v = 1, V$
- t, t+Δ indicano, rispettivamente, il tempo iniziale e quello finale di un periodo di simulazione Δ (ad esempio, un anno).

Posto quanto precede segue la descrizione di ciascun sottomodello. Le operazioni dei sottomodelli sono riportate in dettaglio nell'Appendice A.

Sottomodello di uso del suolo

Questo sottomodello determina, per ogni periodo di simulazione, il suolo disponibile per l'insediamento dei posti di lavoro nei settori di base e delle abitazioni in ciascuna zona dell'area del sistema. Calcola quindi, per le diverse attività (attività economiche di base, servizi ed abitazioni) il grado di attrazione relativa (attrattività) di ciascuna zona per l'insediamento di una certa attività, cfr.: fig. 3.3.

Le disponibilità di suolo e le attrattività costituiscono degli input dei sottomodelli delle attività economiche di base, dei servizi e delle abitazioni.

Siano:

$\bar{L}_j^b, \hat{L}_j^b, L_j^b$ le matrici del suolo occupato, di progetto e disponibile per i settori di base ($b=1,3$);

$\bar{L}_j^h, \hat{L}_j^h, L_j^h$ i vettori del suolo occupato, di progetto e disponibile per le abitazioni;

$\bar{L}_j^z, \hat{L}_j^z, L_j^z$ i vettori del suolo residuo, occupato, di progetto e disponibile. Il suolo residuo è dato dalla differenza tra

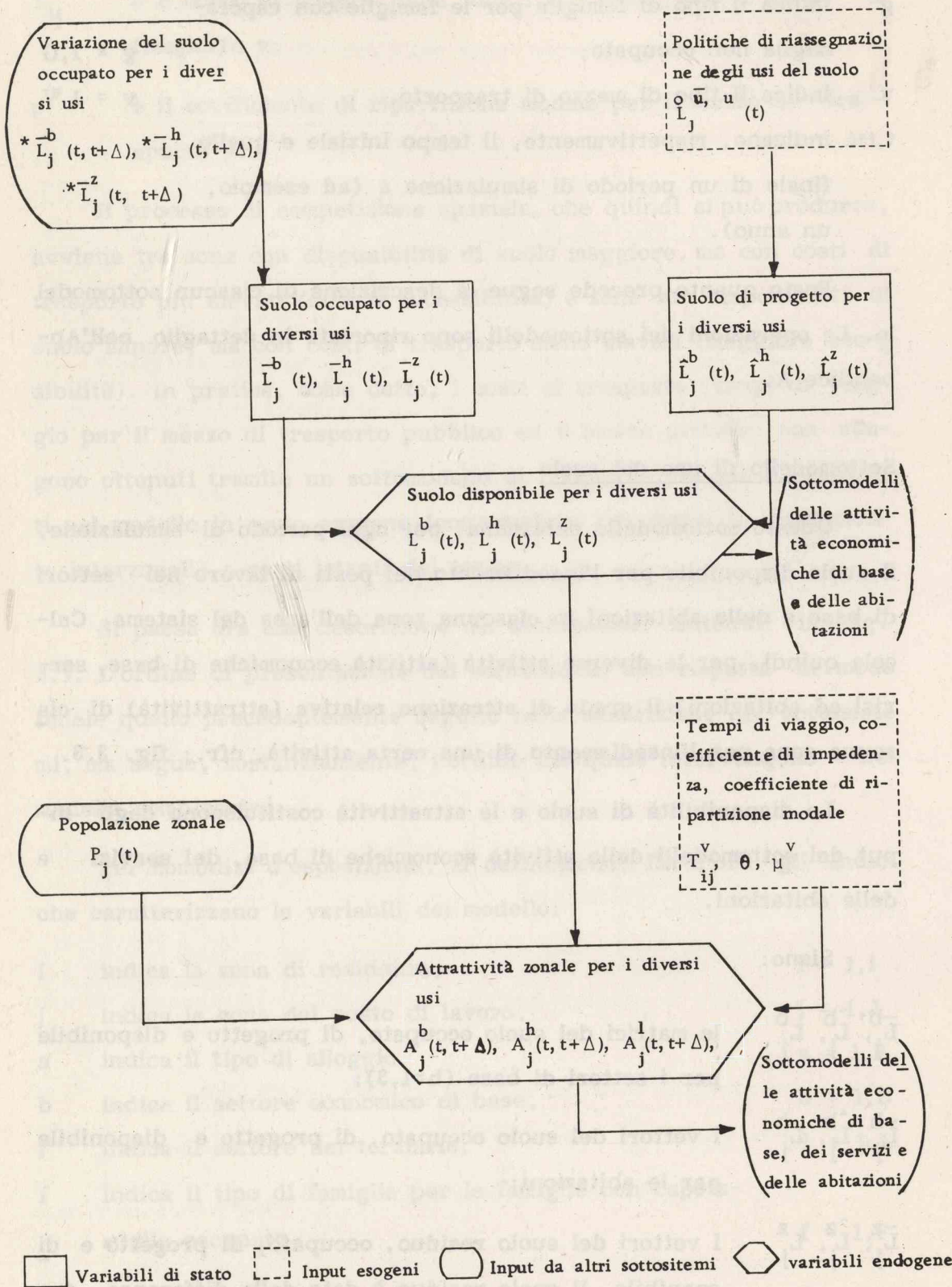


Figura 3.3 Struttura del sottomodello di uso del suolo

	la superficie di ciascuna zona e la somma delle quantità di suolo per tutti gli altri usi;
L_j	il vettore del suolo totale (superficie delle zone) (esogeno);
$L_j^{\bar{u},u}$	la matrice delle politiche di riassegnazione degli usi del suolo dall'uso iniziale \bar{u} , all'uso finale u (esogena) (con \bar{u} e $u = b \text{ o } h \text{ o } z$);
α	la percentuale minima di suolo destinato al suolo residuo (esogena);
A_j^b	la matrice delle attrattività zonali per i settori di base;
A_j^h	il vettore delle attrattività zonali per le abitazioni;
A_j^l	la matrice delle attrattività zonali per i servizi;
P_j	il vettore della popolazione (output del sottomodello di localizzazione residenziale);
θ	il parametro di impedenza allo spostamento (esogeno);
T_{ij}^v	la matrice dei costi di viaggio per mezzo di spostamento (esogena);
μ_v	il coefficiente di ripartizione modale (esogeno).

Il sottomodello compie tre principali operazioni. i.) Dapprima determina la disponibilità di suolo per i diversi usi in ciascuna zona, ii.) successivamente, calcola le attrattività zonali per le diverse attività ed infine, iii.) aggiorna l'assetto degli usi del suolo in ciascuna zona.

i.) All'inizio di ciascun periodo di simulazione, t , si assumono come input, il suolo occupato ed il suolo di progetto per i diversi usi in

ciascuna zona. La differenza tra il suolo di progetto ed il suolo occupato, determina la disponibilità di suolo per i diversi usi, in ciascuna zona, all'inizio del periodo considerato.

$$L_j^b(t) = \hat{L}_j^b(t) - \bar{L}_j^b(t) \quad (3.4)$$

$$L_j^h(t) = \hat{L}_j^h(t) - \bar{L}_j^h(t) \quad (3.5)$$

$$L_j^z(t) = \hat{L}_j^z(t) - \bar{L}_j^z(t) \quad (3.6).$$

Valori nulli (o negativi) della disponibilità di suolo per un certo uso in una zona non consentono l'insediamento dell'attività relativa a quell'uso nella zona. Inoltre, la quantità di suolo disponibile per ciascun uso in una zona pone un vincolo alla quantità massima di attività (relativa a ciascun uso), che può localizzarsi nella zona.

ii.) Le disponibilità di suolo calcolate dalle eqq. (3.4)-(3.6) ed i costi di viaggio interzonali, T_{ij}^v , sono i due principali fattori che in tervengono nella determinazione delle attrattività zonali A_j^b , A_j^h per le attività economiche di base e per le abitazioni. Tali attrattività so no relative a ciascun periodo $(t, t+\Delta)$ ed espresse da:

$$A_j^b(t, t+\Delta) = \frac{\sum_i L_j^b(t) \cdot e^{-\theta(T_{ij}^v \cdot \mu^v)}}{\sum_{ij} \sum L_j^b(t) \cdot e^{-\theta(T_{ij}^v \cdot \mu^v)}} \quad (3.7)$$

per il settore di base

$$A_j^h(t, t+\Delta) = \frac{\sum_i L_j^h(t) \cdot e^{-\theta(T_{ij}^v \cdot \mu^v)}}{\sum_{ij} \sum L_j^h(t) \cdot e^{-\theta(T_{ij}^v \cdot \mu^v)}} \quad (3.8)$$

per le abitazioni.

Per i servizi, l'attrattività zonale A_j^1 , è determinata tramite un'espressione formalmente analoga alle precedenti eqq. (3.7)-(3.8) ma, al posto della disponibilità zonale di suolo viene considerata la popolazione zonale, P_j (output del sottomodello di localizzazione residenziale nel precedente periodo di simulazione).

iii.) Alla fine di ciascun periodo di simulazione $(t+\Delta)$, le quantità di suolo occupato dai diversi usi in ciascuna zona, vengono aggiornate per tener conto del consumo o del rilascio di suolo, $*\bar{L}_j^b$, $*\bar{L}_j^h$, prodotto da cambiamenti del livello delle attività in ciascuna zona durante il periodo $(t, t+\Delta)$:

$$\bar{L}_j^b(t+\Delta) = \bar{L}_j^b(t) + *\bar{L}_j^b(t, t+\Delta) \quad (3.9)$$

$$\bar{L}_j^h(t+\Delta) = \bar{L}_j^h(t) + *\bar{L}_j^h(t, t+\Delta) \quad (3.10)$$

$$\bar{L}_j^z(t+\Delta) = L_j - \bar{L}_j^b(t+\Delta) - \bar{L}_j^h(t+\Delta) \quad (3.11).$$

In ciascuna zona, anche il suolo di progetto per i diversi usi, viene modificato al tempo $(t+\Delta)$, sulla base delle eventuali politiche di uso del suolo, che possono essere state introdotte nel periodo di simulazione corrente:

$$\hat{L}_j^b(t+\Delta) = \hat{L}_j^b(t) + \sum_u \bar{L}_j^{o\bar{u},b}(t, t+\Delta) - \bar{L}_j^{o\bar{b},u}(t, t+\Delta) \quad (3.12)$$

$$\hat{L}_j^h(t+\Delta) = \hat{L}_j^h(t) + \sum_u \bar{L}_j^{o\bar{u},h}(t, t+\Delta) - \bar{L}_j^{o\bar{h},u}(t, t+\Delta) \quad (3.13)$$

$$\hat{L}_j^z(t+\Delta) = \hat{L}_j^z(t) + \sum_u \bar{L}_j^{u,z}(t,t+\Delta) - \bar{L}_j^{z,u}(t,t+\Delta) \quad (3.14).$$

Queste equazioni implicano che le politiche di uso del suolo, introdotte in un certo periodo, vengano rese operanti nel periodo successivo. Si assume, cioè, che un certo lasso di tempo (un periodo di simulazione) intercorra tra il momento in cui le politiche del suolo sono introdotte ed il momento in cui queste diventano effettive.

Sottomodello della popolazione

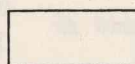
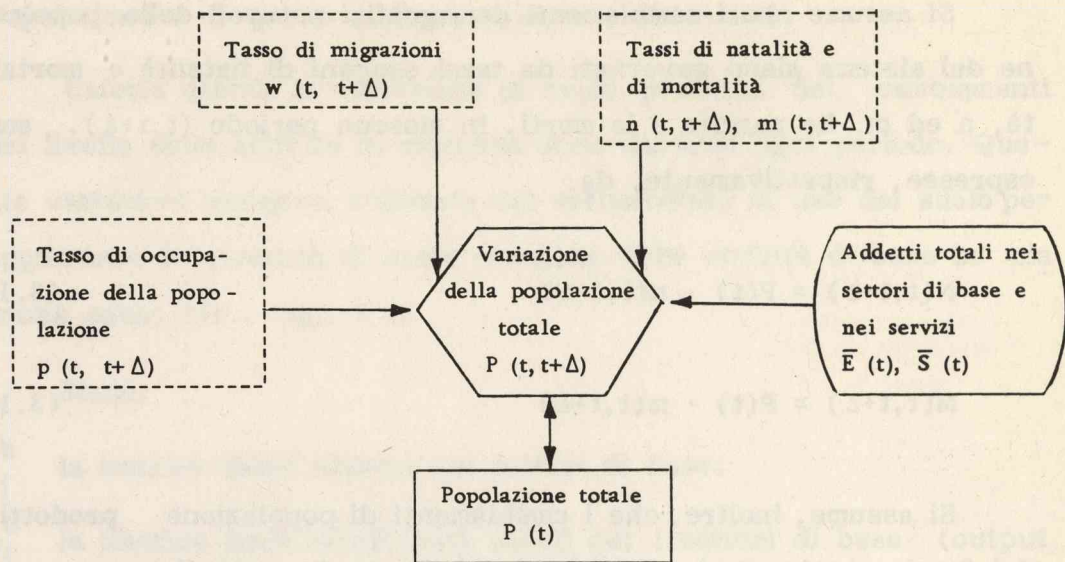
Questo sottomodello determina, per ogni periodo di simulazione, la popolazione totale del sistema, cfr.: fig. 3.4.

La popolazione totale del sistema è un input del sottomodello dei servizi e del sottomodello di localizzazione residenziale.

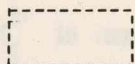
Siano:

- P la popolazione totale;
- n il tasso di natalità (esogeno);
- N le nascite;
- m il tasso di mortalità (esogeno);
- M le morti;
- w il tasso di migrazione (esogeno);
- W il saldo migratorio;
- p tasso di occupazione della popolazione (esogeno);
- E_j^b, S_j^l gli addetti nei settori di base e nei servizi (output dei sottomodelli delle attività di base e dei servizi).

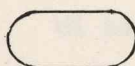
Per ogni periodo di simulazione, vengono calcolate sia le variazioni di popolazione prodotte da fenomeni demografici naturali, sia quelle prodotte da fenomeni migratori.



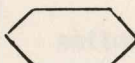
Variabili di stato



Input esogeni



Input da altri sottomodelli



Variabili endogene

Figura 3.4 Struttura del sottomodulo della popolazione

Si assume che i cambiamenti demografici naturali della popolazione del sistema siano governati da tassi esogeni di natalità e mortalità, n ed m . Le nascite e le morti, in ciascun periodo $(t, t+\Delta)$, sono espresse, rispettivamente, da:

$$N(t, t+\Delta) = P(t) \cdot n(t, t+\Delta) \quad (3.15)$$

$$M(t, t+\Delta) = P(t) \cdot m(t, t+\Delta) \quad (3.16)$$

Si assume, inoltre, che i cambiamenti di popolazione prodotti dai fenomeni migratori, dipendano dal livello di posti di lavoro presenti nel sistema all'inizio del periodo t e da un tasso esogeno w , che regola la risposta del sistema, in termini di migrazioni, al variare del tasso di occupazione della popolazione p . Il saldo migratorio, in ciascun periodo, è espresso come:

$$W(t, t+\Delta) = \left\{ \sum_j \frac{\left[\sum_j E_j^b(t) + \sum_j S_j^l(t) \right]}{p(t, t+\Delta)} - P(t) \right\} \cdot w(t, t+\Delta) \quad (3.17)$$

Il nuovo livello di popolazione, alla fine di ciascun periodo $(t+\Delta)$, è determinato da:

$$P(t+\Delta) = P(t) + N(t, t+\Delta) - M(t, t+\Delta) + W(t, t+\Delta) \quad (3.18)$$

Sottomodello delle attività economiche di base

Questo sottomodello determina, per ogni periodo di simulazione, il livello e la distribuzione spaziale dei posti di lavoro (addetti) nei settori di base. Essi costituiscono degli input del sottomodello della

popolazione e di quello di localizzazione residenziale.

Calcola quindi la variazione di suolo prodotta dai cambiamenti del livello delle attività in ciascuna zona durante ogni periodo. Queste variazioni vengono utilizzate dal sottomodello di uso del suolo per aggiornare la quantità di suolo occupato dalle attività di base in ciascuna zona, cfr.: fig. 3.5.

Siano:

- E_j^b la matrice degli addetti nei settori di base;
- A_j^b la matrice delle attrattività zonali per i settori di base (output del sottomodello di uso del suolo);
- \tilde{L}_j^b la matrice del suolo richiesto per incrementi di posti di lavoro nei settori di base;
- L_j^b la matrice della disponibilità di suolo per i settori di base (output del sottomodello di uso del suolo);
- ${}^+E_j^b$ la matrice degli incrementi di posti di lavoro nei settori di base;
- r^b il vettore dei tassi di incremento di posti di lavoro nei settori di base (esogeno);
- \bar{o}_j^b la matrice delle politiche di incremento di posti di lavoro nei settori di base (esogena);
- q_j^b la matrice degli standard di occupazione del suolo per un nuovo posto di lavoro nei settori di base (esogena);
- ${}^-E_j^b$ la matrice dei decrementi di posti di lavoro nei settori di base;
- \tilde{r}^b il vettore dei tassi di decremento di posti di lavoro nei settori di base (esogeno);

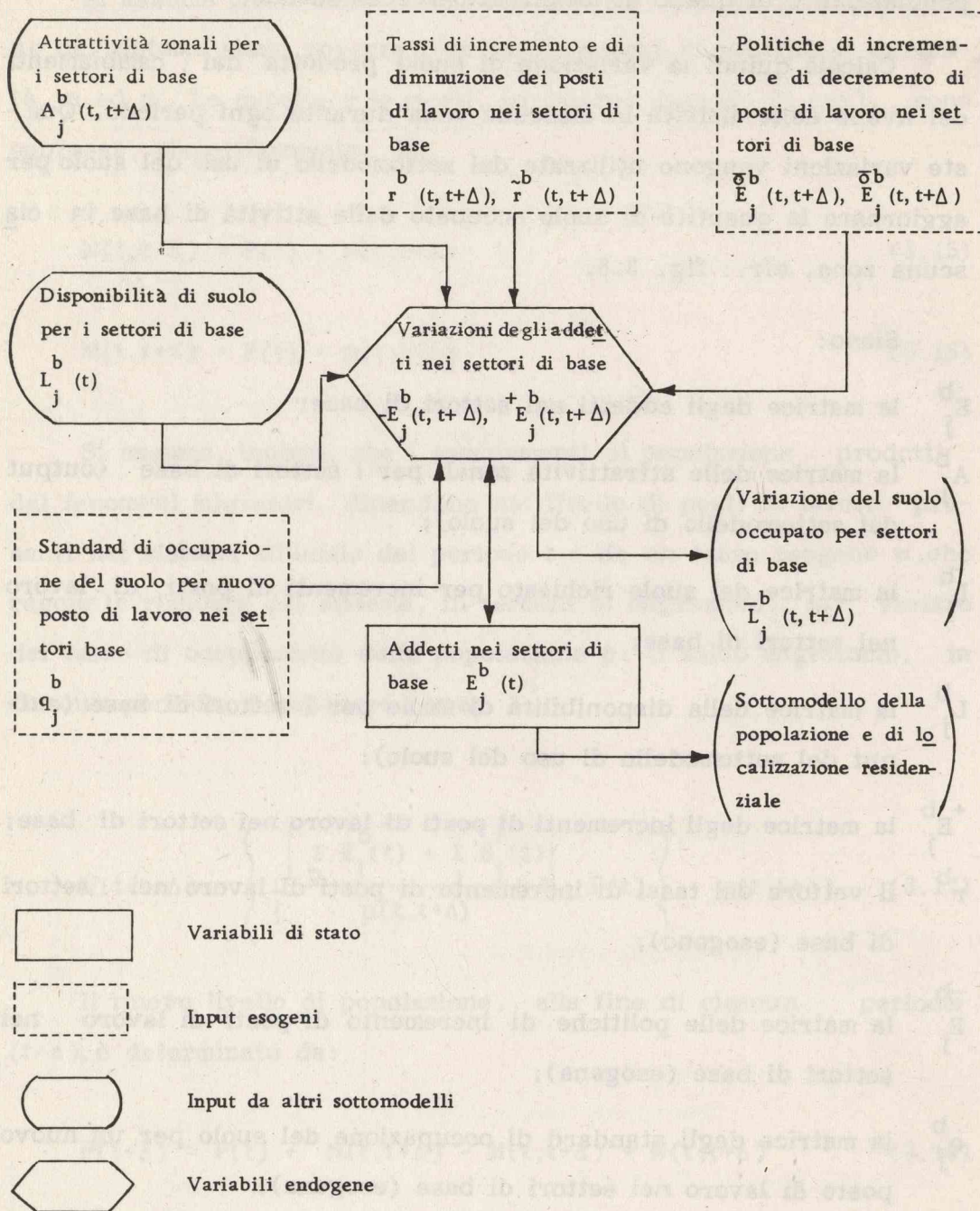


Figura 3.5 Struttura del sottomodello delle attività economiche di base

$\overset{ob}{E}_j$ la matrice delle politiche di decremento di posti di lavoro nei settori di base (esogena);

$\overset{b}{q}_j$ la matrice dello standard di occupazione del suolo per posto di lavoro esistente nei settori di base;

$\overset{b}{L}_j$ la matrice del suolo occupato dai settori di base (output del sottomodello di uso del suolo);

$\overset{ob}{L}_j$ la matrice del suolo reso libero per decrementi di posti di lavoro nei settori di base.

Il sottomodello effettua quattro principali operazioni.

i.) Per ciascuna zona in cui esiste una disponibilità di suolo per le attività di base, $\overset{b}{L}_j$, gli incrementi di posti di lavoro nei diversi settori, in ciascun periodo $(t, t+\Delta)$, sono calcolate come:

$$\overset{+}{E}_j^b(t, t+\Delta) = [\overset{b}{E}_j(t) \cdot \overset{b}{r}(t, t+\Delta) \cdot \overset{b}{A}_j(t, t+\Delta)] + \overset{ob}{E}_j^b(t, t+\Delta) \quad (3.19)$$

L'eq. (3.19) fa dipendere la crescita zonale dei posti di lavoro nei diversi settori da tre fattori chiave: i tassi di crescita propri di ciascun settore, $\overset{b}{r}$, le attrattività zonali, $\overset{b}{A}_j$ e le politiche di incremento di posti di lavoro, $\overset{ob}{E}_j$. Mentre i primi due sono quelli che sostanzialmente regolano il processo di crescita spaziale dei settori, il terzo fattore risulta essere, di fatto, un fattore aggiuntivo che può influire su detto processo solo in certi periodi di tempo.

ii.) Successivamente, per ciascun settore, il sottomodello verifica che la quantità di suolo necessaria per l'insediamento degli incrementi appena calcolati sia inferiore (od uguale) alla quantità di suolo disponibile. Diversamente, effettua un aggiustamento di tali incrementi in

modo che la quantità di suolo richiesto non superi la quantità di suolo disponibile. Le quantità di suolo necessarie per insediare gli incrementi di posti di lavoro richiesti sono espresse da:

$$\tilde{L}_j^b(t, t+\Delta) = {}^+E_j^b(t, t+\Delta) \cdot q_j^b \quad (3.20)$$

ove q_j^b è il coefficiente zonale di occupazione del suolo per nuovo posto di lavoro in ciascun settore.

Se tali quantità sono maggiori delle quantità di suolo disponibili allora gli incrementi di posti di lavoro calcolati tramite l'eq. (3.19), devono essere riaggiustati di conseguenza, nel modo seguente:

$${}^+E_j^b(t, t+\Delta) = [L_j^b(t) / \tilde{L}_j^b(t, t+\Delta)] \cdot {}^+E_j^b(t, t+\Delta) \quad (3.21)$$

Tale riaggiustamento, implica anche che, per un certo settore, la quantità di suolo disponibile in una zona nel periodo $(t, t+\Delta)$, venga completamente utilizzata.

iii.) Il sottomodello determina quindi, per ciascuna zona, i decrementi di posti di lavoro nei diversi settori e le relative quantità di suolo che vengono rese libere da tali decrementi, in ciascun periodo $(t, t+\Delta)$.

I decrementi di posti di lavoro sono espresse da:

$$-E_j^b(t, t+\Delta) = E_j^b(t) \cdot \hat{r}^b(t, t+\Delta) + {}^oE_j^b(t, t+\Delta) \quad (3.22)$$

Diversamente che per gli incrementi di posti di lavoro, in questo caso tutte le zone sono interessate da decrementi di posti di lavoro, de

terminati dai tassi di diminuzione propri dei diversi settori, \tilde{r}^b , e dalle politiche di diminuzione dei posti di lavoro E_j^{ob} .

Naturalmente, i decrementi zonalı calcolati dall'eq. (3.22) in ciascun periodo, non possono essere maggiori del numero di posti di lavoro esistenti nelle zone all'inizio del periodo considerato.

Le quantità di suolo L_j^{ob} rilasciate in ciascun periodo $(t, t+\Delta)$ dai decrementi calcolati sono ottenute come:

$$L_j^{ob}(t, t+\Delta) = -E_j^b(t, t+\Delta) \cdot \bar{q}_j^b(t, t+\Delta) \quad (3.23)$$

ove \bar{q}_j^b è il coefficiente zonale di occupazione del suolo per posto di lavoro esistente nei diversi settori.

iv.) Infine, il sottomodello determina le variazioni complessive del suolo occupato delle attività di base ed aggiorna il livello di posti di lavoro nei diversi settori esistenti in ciascuna zona.

Le variazioni complessive del suolo occupato prodotte in ciascuna zona da incrementi e decrementi di posti di lavoro nel periodo $(t, t+\Delta)$ sono espresse da:

$$\bar{L}_j^{*b}(t, t+\Delta) = \bar{L}_j^b(t, t+\Delta) - L_j^{ob}(t, t+\Delta) \quad (3.24)$$

Alla fine di ciascun periodo $(t+\Delta)$, il nuovo livello di posti di lavoro nei diversi settori in ciascuna zona è determinato, sulla base delle eqq. (3.19) e (3.22), da:

$$E_j^b(t+\Delta) = E_j^b(t) + {}^+E_j^b(t, t+\Delta) - {}^-E_j^b(t, t+\Delta) \quad (3.25)$$

Sottomodello dei servizi

Questo sottomodello determina per ogni periodo di simulazione, il livello e la distribuzione spaziale dei posti di lavoro (addetti) nei servizi. Essi costituiscono degli input del sottomodello della popolazione e del sottomodello di localizzazione residenziale, cfr.: fig. 3.6.

Siano:

- S_j^1 la matrice dei posti di lavoro nei servizi;
- c^1 il vettore dei tassi di terziarizzazione della popolazione (esogena);
- r^1 il vettore dei tassi di variazione dei posti di lavoro nei servizi (al variare dei tassi di terziarizzazione della popolazione) (esogeno);
- A_j^1 la matrice delle attrattività zonali per i servizi (output del sottomodello di uso del suolo);
- P_j il vettore della popolazione (output del sottomodello di localizzazione residenziale);
- S_j^{o1} la matrice delle politiche di variazione dei posti di lavoro nei servizi (esogena).

Per ciascun periodo $(t, t+\Delta)$, la variazione dei posti di lavoro nei servizi e in ciascuna zona, viene determinata come:

$$^*S_j^1(t, t+\Delta) = \left\{ \left[c^1(t, t+\Delta) \cdot P_j(t) \right] - S_j^1(t) \right\} \cdot r^1(t, t+\Delta) \cdot A_j^1(t, t+\Delta) + S_j^{o1}(t, t+\Delta) \quad (3.26)$$

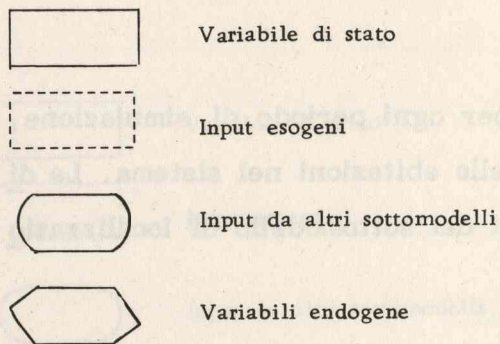
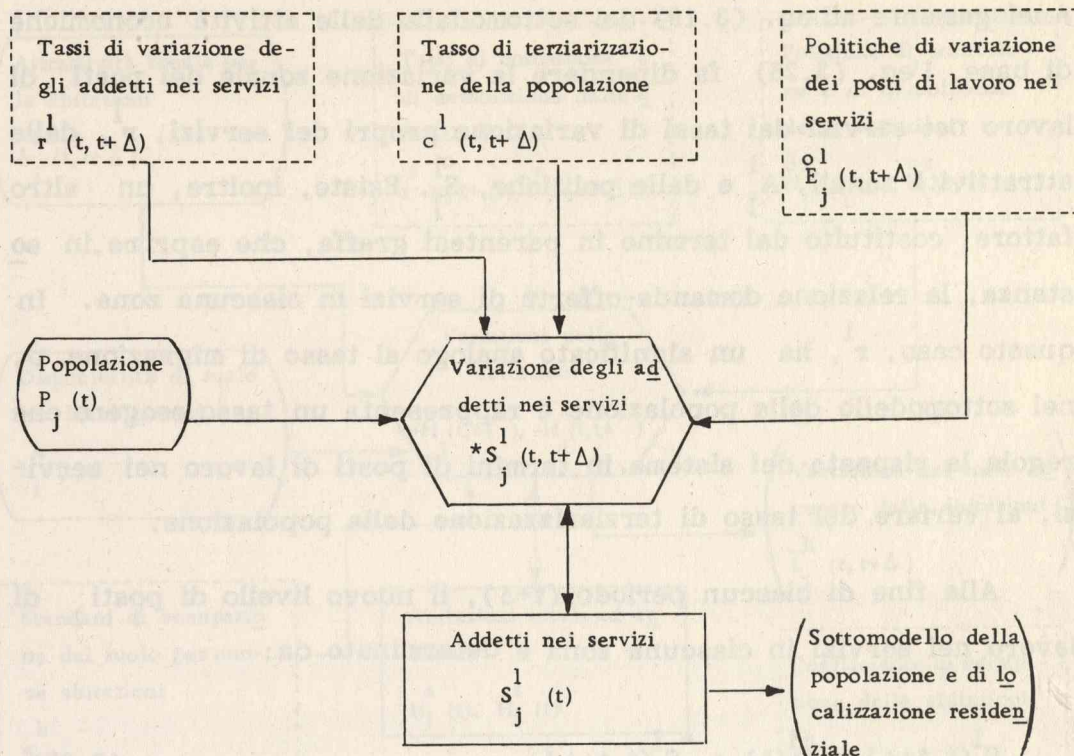


Figura 3.6 Struttura del sottomodello dei servizi

Analogamente all'eq. (3.19) del sottomodello delle attività economiche di base, l'eq. (3.26) fa dipendere la variazione zonale dei posti di lavoro nei servizi dai tassi di variazione propri dei servizi, r^1_j , dalle attrattività zonali, A^1_j e dalle politiche, S^{ol}_j . Esiste, inoltre, un altro fattore, costituito dal termine in parentesi graffa, che esprime, in sostanza, la relazione domanda-offerta di servizi in ciascuna zona. In questo caso, r^1_j , ha un significato analogo al tasso di migrazione, p , nel sottomodello della popolazione e rappresenta un tasso esogeno che regola la risposta del sistema, in termini di posti di lavoro nei servizi, al variare del tasso di terziarizzazione della popolazione.

Alla fine di ciascun periodo $(t+\Delta)$, il nuovo livello di posti di lavoro nei servizi in ciascuna zona è determinato da:

$$S^1_j(t, t+\Delta) = S^1_j(t) + * S^1_j(t, t+\Delta) \quad (3.27).$$

Sottomodello delle abitazioni

Questo sottomodello determina, per ogni periodo di simulazione, il livello e la distribuzione spaziale delle abitazioni nel sistema. La distribuzione delle abitazioni è un input del sottomodello di localizzazione residenziale, cfr.: fig. 3.7.

Siano:

- H^s_i la matrice delle abitazioni totali;
- \bar{H}^s_i la matrice delle abitazioni occupate;
- A^h_i la matrice delle attrattività zonali per le abitazioni (output del sottomodello di uso del suolo);

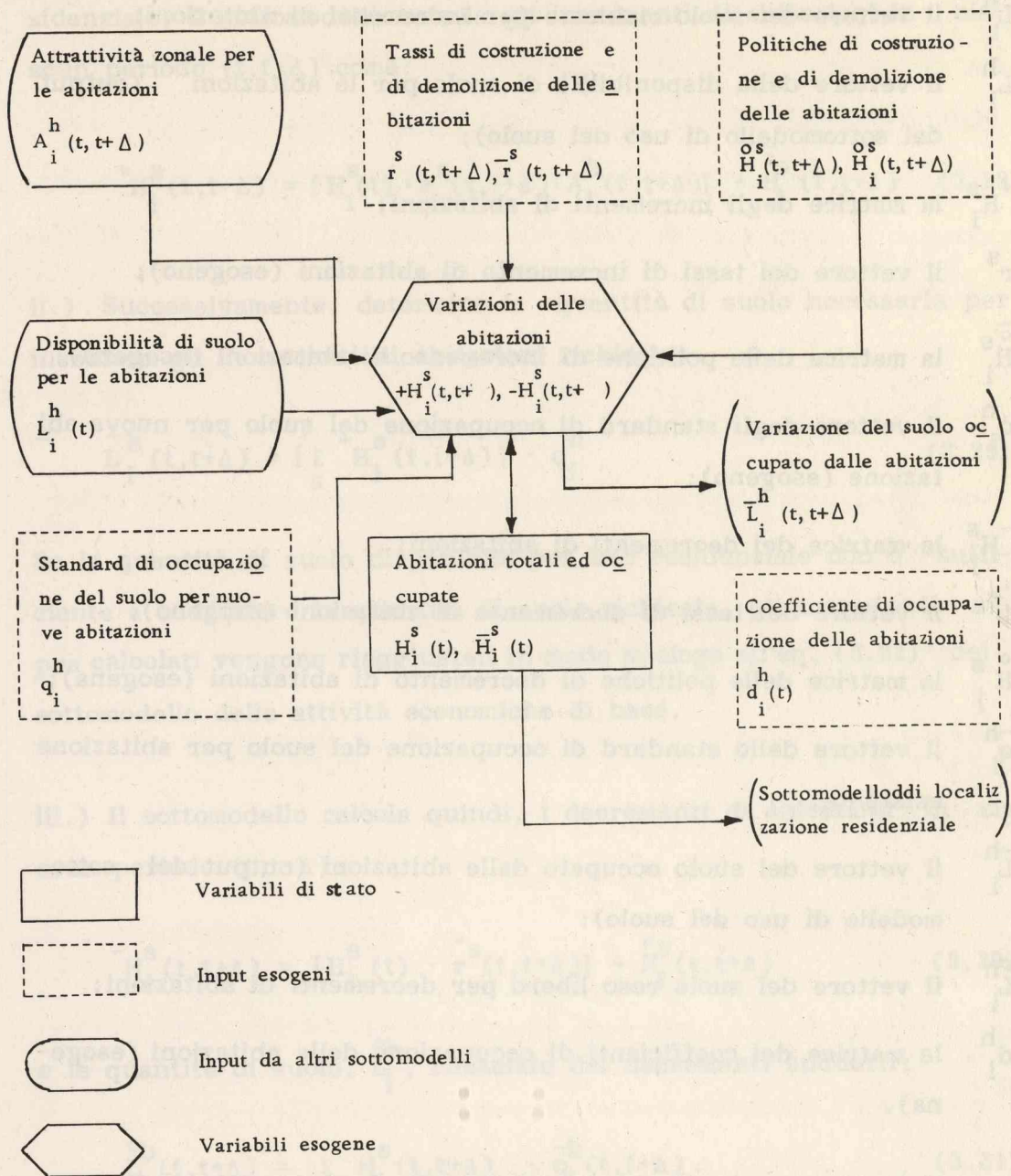


Figura 3.7 Struttura del sottomodello delle abitazioni

- \tilde{L}_i^h il vettore del suolo richiesto per incrementi di abitazioni;
- L_i^h il vettore della disponibilità di suolo per le abitazioni (output del sottomodello di uso del suolo);
- ${}^+H_i^s$ la matrice degli incrementi di abitazioni;
- r^s il vettore dei tassi di incremento di abitazioni (esogeno);
- $\bar{o}H_i^s$ la matrice delle politiche di incremento di abitazioni (esogena);
- q_i^h il vettore degli standard di occupazione del suolo per nuova abitazione (esogeno);
- ${}^-H_j^s$ la matrice dei decrementi di abitazioni;
- \hat{r}^s il vettore dei tassi di decremento di abitazioni (esogeno);
- $\bar{o}H_j^s$ la matrice delle politiche di decremento di abitazioni (esogena);
- $\bar{h}q_i$ il vettore dello standard di occupazione del suolo per abitazione esistente;
- \bar{L}_i^h il vettore del suolo occupato dalle abitazioni (output del sottomodello di uso del suolo);
- $\bar{o}L_i^h$ il vettore del suolo reso libero per decrementi di abitazioni;
- \bar{d}_i^h la matrice dei coefficienti di occupazione delle abitazioni (esogena).

Il funzionamento di questo sottomodello è sostanzialmente analogo a quello del sottomodello delle attività economiche di base. Esso effettua quattro principali operazioni.

- i.) In ciascuna zona in cui esiste del suolo disponibile per uso re-

residenziale, il sottomodulo calcola gli incrementi di abitazioni in ciascun periodo $(t, t+\Delta)$ come:

$${}^+H_i^S(t, t+\Delta) = [H_i^S(t) \cdot r^S(t, t+\Delta) \cdot A_i^h(t, t+\Delta)] + \bar{H}_i^S(t, t+\Delta) \quad (3.28)$$

ii.) Successivamente, determina la quantità di suolo necessaria per insediare gli incrementi di abitazioni richieste:

$$\tilde{L}_i^h(t, t+\Delta) = [\sum_S {}^+H_i^S(t, t+\Delta)] \cdot q_i^h \quad (3.29)$$

Se la quantità di suolo disponibile per uso residenziale non è sufficiente a soddisfare la quantità di suolo richiesta, gli incrementi sopra calcolati vengono riaggiustati in modo analogo all'eq. (3.21) del sottomodulo delle attività economiche di base.

iii.) Il sottomodulo calcola quindi, i decrementi di abitazioni in ciascun periodo $(t, t+\Delta)$:

$${}^-H_i^S(t, t+\Delta) = [H_i^S(t) \cdot \hat{r}^S(t, t+\Delta)] + \bar{H}_i^S(t, t+\Delta) \quad (3.30)$$

e le quantità di suolo, L_i^{oh} , rilasciate dai decrementi suddetti:

$$L_i^{ob}(t, t+\Delta) = \sum_S H_i^S(t, t+\Delta) \cdot \bar{q}_i^h(t, t+\Delta) \quad (3.31)$$

ove, \bar{q}_i^h , è il coefficiente zonale di occupazione del suolo residenziale.

iii.) Infine, il sottomodello determina la variazione complessiva di suolo residenziale occupato ed aggiorna il livello di abitazioni esistenti in ciascuna zona.

La variazione zonale del suolo residenziale occupato, prodotta da incrementi e decrementi di abitazioni nel periodo $(t, t+\Delta)$, è espressa come nell'eq. (3.20), da

$$\Delta L_i^h(t, t+\Delta) = \tilde{L}_i^h(t, t+\Delta) - L_i^h(t, t+\Delta) \quad (3.32)$$

Il nuovo livello di abitazioni totali in ciascuna zona, alla fine del periodo $(t+\Delta)$, è determinato come:

$$H_i^s(t+\Delta) = H_i^s(t) + \Delta H_i^s(t, t+\Delta) - \Delta H_i^s(t, t+\Delta) \quad (3.33)$$

da cui è immediato derivare il nuovo livello delle abitazioni occupate in ciascuna zona:

$$\bar{H}_i^s(t+\Delta) = \bar{H}_i^s(t+\Delta) \cdot d_i^h(t, t+\Delta) \quad (3.34)$$

ove $d_i^h(t, t+\Delta)$ sono i coefficienti, esogeni, di occupazione delle abitazioni.

Sottomodello di localizzazione residenziale

Questo sottomodello determina, per ciascun periodo di simulazione, la distribuzione della popolazione, articolata secondo il tipo di famiglia, il tipo di alloggio, la zona di residenza e la zona di lavoro. Esso può considerarsi il sottomodello finale del modello complessivo,

il quale risente di tutti i cambiamenti che si producono negli altri sottomodelli durante ciascun periodo.

La struttura del sottomodello è mostrata in fig. 3.8, nella quale inoltre, sono messe in evidenza le principali operazioni del sottomodello stesso.

Siano:

- F^f il vettore delle famiglie con capofamiglia occupato;
- G^g il vettore delle famiglie con capofamiglia non occupato;
- F_{ij}^{fs} la matrice della distribuzione delle famiglie con capofamiglia occupato;
- G_i^{gs} la matrice della distribuzione delle famiglie con capofamiglia non occupato;
- P la popolazione totale (output del sottomodello della popolazione);
- M_i il vettore delle famiglie totali;
- M le famiglie totali;
- B_i il vettore della dimensione media delle famiglie;
- E_j^b, S_j^l le matrici degli addetti nei settori di base e nei servizi (output dei sottomodelli delle attività economiche di base e dei servizi);
- \bar{E}_j^f la matrice degli addetti per tipo di famiglia e zona di lavoro;
- $\bar{x}_j^{bf}, \bar{x}_j^{lf}$ le matrici di probabilità che un addetto nei settori b e l appartenga al tipo di famiglia f (esogene);

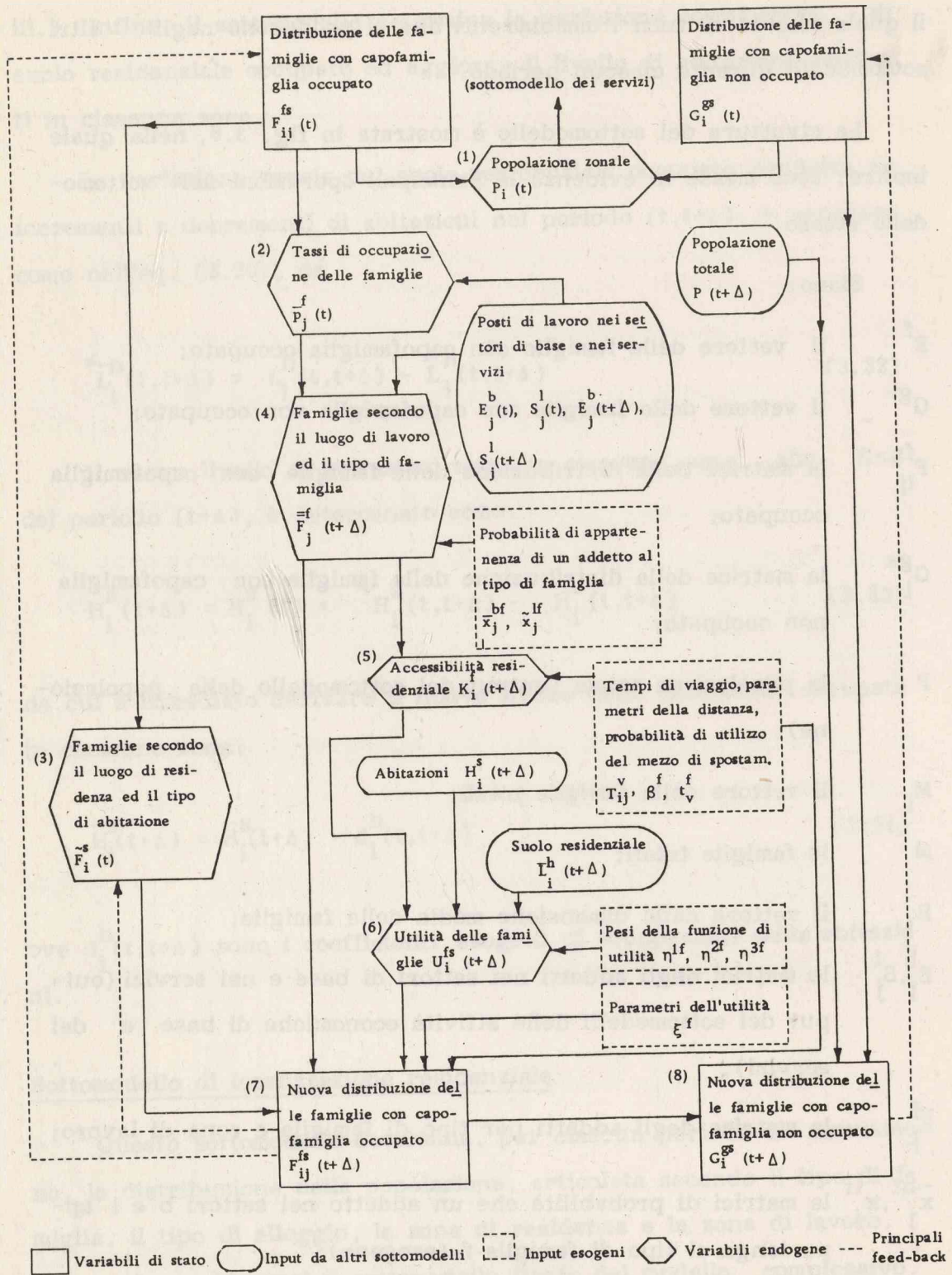


Figura 3.8 Struttura del sottomodello di localizzazione residenziale

- \bar{F}_j^f la matrice delle famiglie con capofamiglia occupato per tipo di famiglia e zona di lavoro;
- \bar{p}_j^f la matrice dei tassi di occupazione delle famiglie per tipo di famiglia e zona di lavoro;
- \tilde{F}_i^s la matrice delle famiglie con capofamiglia occupato per tipo di alloggio e zona di residenza;
- T_{ij}^v le matrici dei costi di viaggio (esogene);
- t_{v}^f la matrice di probabilità che una famiglia di tipo f utilizzi il mezzo di spostamento v (esogena);
- β^f vettore dei parametri di impedenza allo spostamento delle famiglie (esogeno);
- K_i^f la matrice delle accessibilità residenziali;
- H_i^s la matrice delle abitazioni (output del sottomodello delle abitazioni);
- \bar{L}_i^h il vettore del suolo residenziale (output del sottomodello di uso del suolo);
- U_i^{fs} la matrice delle utilità delle famiglie;
- $\eta^{1f}, \eta^{2f}, \eta^{3f}$ i vettori dei pesi, rispettivamente, per l'accessibilità, per le abitazioni e per il suolo residenziale (esogeni);
- ξ^f il vettore dei parametri dell'utilità (esogeno).

Già si è detto in precedenza che in questo sottomodello il processo di localizzazione residenziale è trattato come un processo istantaneo, che avviene a certi momenti del tempo (precisamente, alla fine di ciascun periodo di simulazione). Inoltre, anche se tutte le famiglie sono interessate da detto processo, solo le famiglie con capofa

miglia occupato ne sono direttamente coinvolte, ossia, utilizzando la consueta terminologia economica, entrano nel mercato delle abitazioni.

Le principali operazioni del sottomodello possono essere riassunte come segue, cfr.: fig. 3.8 (le equazioni del sottomodello sono riportate in dettaglio nell'Appendice A).

All'inizio di ciascun periodo, (t) il sottomodello effettua alcune operazioni preliminari, i cui output sono utilizzati dal sottomodello dei servizi e dallo stesso sottomodello di localizzazione residenziale alla fine di ciascun periodo, $(t+\Delta)$. Precisamente, esso calcola:

- a. la popolazione zonale [blocco (1)]:

$$P_i(t) = M_i(t)/B_i(t) \quad (3.35)$$

ove B_i è la dimensione media delle famiglie. La popolazione zonale è un input del sottomodello dei servizi;

- b. i tassi di occupazione delle famiglie con capofamiglia occupato, \bar{p}_j^f [blocco (2)]:

$$\bar{p}_j^f(t) = \sum_i \sum_s F_{ij}^{fs}(t)/\bar{E}_j^f(t) \quad (3.36)$$

ove, F_{ij}^{fs} è la matrice di distribuzione delle famiglie suddette e $\bar{E}_j^f(t)$, è la matrice degli addetti totali secondo la zona di lavoro ed il tipo di famiglia;

- c. le famiglie con capofamiglia occupato secondo la zona di residenza ed il tipo di abitazioni, [blocco (3)]:

$$\tilde{F}_i^s(t) = \sum_j \sum_f F_{ij}^{fs}(t) \quad (3.37)$$

Successivamente, alla fine di ciascun periodo, $(t+\Delta)$, il sottomodello descrive il processo di localizzazione residenziale che deriva da cambiamenti nel livello e nella distribuzione spaziale degli addetti (nei settori di base e nei servizi). Esso determina, dapprima, la distribuzione, secondo la zona del posto di lavoro ed il tipo di famiglia, delle famiglie con capofamiglia occupato, prodotta da cambiamenti nel livello e nella distribuzione spaziale degli addetti nei settori di base e nei servizi [blocco (4)]:

$$\bar{F}_j^f(t+\Delta) = \bar{E}_j^f(t+\Delta) / \bar{p}_j^f(t) \quad (3.38)$$

Si assume che, in ciascun periodo, tutte le famiglie con capofamiglia occupato siano interessate dal processo di localizzazione residenziale.

Il sottomodello determina quindi i due fattori - l'accessibilità residenziale [blocco (5)] e l'utilità familiare [blocco (6)] - che regolano il processo di localizzazione residenziale. L'accessibilità residenziale, K_i^f , ha una forma del tipo:

$$K_i^f(t+\Delta) = \frac{1}{\beta^f} \ln \sum_j \left[\bar{F}_j^f(t+\Delta) \cdot \sum_v t_v^f \cdot e^{-\beta^f \cdot T_{ij}^v} \right] \quad (3.39)$$

ove si utilizza l'espressione logaritmica per attenuare l'effetto della distanza (ossia di $e^{-\beta^f \cdot T_{ij}^v}$) sui valori delle accessibilità stesse.

L'utilità delle famiglie, U_i^{fs} , blocco (6) - come precedentemente detto nella descrizione del sottosistema residenziale, cfr.: 2.2. - è qui intesa in termini generali, come il soddisfacimento che una famiglia di tipo f otterrebbe qualora scegliesse un certo insieme residenziale, definito dalla combinazione di una localizzazione residenziale i e di un alloggio di tipo s .

Si assume che, nel processo di valutazione delle diverse alternative residenziali, le famiglie prendano in considerazione due principali fattori: i. l'accessibilità residenziale di una zona, K_i^f [cfr.: eq. (3.39)]; ii. le caratteristiche residenziali delle zone stesse, esprimibili, ad esempio, dal numero di abitazioni di un certo tipo esistenti nella zona, H_i^s , e della quantità di suolo residenziale utilizzato nella zona \bar{L}_i^h . L'utilità ha una forma del tipo:

$$U_i^{fs}(t+\Delta) = \eta^{1f} \cdot K_i^f(t+\Delta) + \eta^{2f} H_i^s(t+\Delta) + \eta^{3f} \bar{L}_i^h(t+\Delta) \quad (3.40)$$

ove η^{1f} , η^{2f} e η^{3f} sono pesi dei valori normalizzati, rispettivamente, dell'accessibilità, delle abitazioni e del suolo residenziale.

La nuova distribuzione residenziale delle famiglie (con capofamiglia occupato), F_{ij}^{fs} [blocco (7)] è ottenuta utilizzando un'espressione derivante dalla massimizzazione dell'entropia (Wilson, 1970), avente la forma seguente:

$$F_{ij}^{fs}(t+\Delta) = \frac{\bar{F}_j^f(t+\Delta) \cdot \sum_v t_v^f \cdot e^{-\beta^f \cdot T_{ij}^v} \cdot e^{\xi^f U_i^{fs}} \cdot \tilde{F}_i^s(t)}{\bar{Q}_j^f(t+\Delta) \cdot \tilde{Q}_i^s(t+\Delta)} \quad (3.41)$$

ove

$$\bar{Q}_j^f(t+\Delta) = \sum_{s_i} \sum_{v} t_v^f \cdot e^{-\beta^f \cdot T_{ij}^v} \cdot e^{\xi^f \cdot U_i^{fs}} \cdot \bar{F}_i^s(t) \cdot \tilde{Q}_1^s(t+\Delta) \quad (3.42)$$

e

$$\tilde{Q}_i^s(t+\Delta) = \sum_{f_j} \sum_{v} t_v^f \cdot e^{-\beta^f \cdot T_{ij}^v} \cdot e^{\xi^f \cdot U_i^{fs}} \cdot \bar{F}_j^f(t+\Delta) \cdot \bar{Q}_j^f(t+\Delta) \quad (3.43)$$

Le eqq. (3.41)-(3.43) sono derivate da un modello entropico di interazione spaziale vincolato su posti di lavoro, \bar{F}_j^f , con un termine di attrazione residenziale, \tilde{F}_i^s . Si noti, che il termine $\tilde{F}_i^s / \bar{Q}_j^f$ può considerarsi come un fattore che esprime l'elasticità del processo di localizzazione residenziale. Esso implica, in pratica, assumere che la distribuzione residenziale delle famiglie ottenute dal modello, in ciascun periodo, deve tener conto della struttura delle localizzazioni residenziali esistenti.

La nuova distribuzione residenziale delle famiglie con capofamiglia non occupato, G_i^{gs} , [blocco (8)], è ottenuta tramite un aggiornamento della distribuzione all'inizio di ciascun periodo (t):

$$G_i^{gs}(t+\Delta) = G_i^{gs}(t) \cdot [G^g(t+\Delta) / \sum_g G^g(t)] \quad (3.44)$$

ove, tenendo conto dell'eq. (3.35):

$$G^g(t+\Delta) = \left\{ P(t+\Delta) \frac{\sum_i P_i(t)}{\sum_i B_i(t) \cdot P_i(t)} - \left[\sum_f F^f(t+\Delta) \right] \right\} \frac{G^g(t)}{\sum_g G^g(t)} \quad (3.45)$$

e F^f è ottenuto dall'eq. (3.41) come:

$$F^f(t+\Delta) = \sum_{i,j,s} F_{ij}^{fs}(t+\Delta) \quad (3.46).$$

4. IL SOFTWARE DI SIMULAZIONE

4.1. Premessa

Lo sviluppo e l'utilizzo del modello Torino si sono svolti in un arco temporale ampio: dal 1980 ad oggi sono variate non solo alcune caratteristiche dimensionali del modello stesso, ma anche il sistema operativo sull'elaboratore utilizzato.

Alcuni componenti del software, relativi a particolari esigenze di gestione delle grandi dimensioni, sono stati utilizzati solo in una prima fase. Di essi verrà comunque data descrizione, poiché sono compresi in modo organico nell'architettura del software.

4.2. Introduzione

Il software predisposto per l'esecuzione di elaborazioni basate sul modello Torino ha dovuto soddisfare, nella sua evoluzione, a diversi tipi di esigenze.

Ferma restando la traduzione delle equazioni relative ai sottosistemi in ben identificati insiemi di codice (che è quanto verrà più avanti definito come "funzione di calcolo" del modello) il software ha dovuto tener conto dei seguenti problemi:

- gestione delle grandi dimensioni;
- modificabilità del modello (dati, equazioni, limiti temporali e spaziali);
- flessibilità di documentazione dei risultati degli esperimenti.

Gli obiettivi considerati nel risolvere detti problemi sono stati:

- semplicità di uso: il modo con cui l'utilizzatore controlla l'uso del modello deve essere svincolato il più possibile dagli aspetti tecnici del software;
- invarianza del codice: ogni variazione nel modello (secondo quanto appena indicato) deve avere un effetto minimo o nullo sul codice; ciò da un lato è strettamente correlato alla semplicità di uso, dall'altro richiede una certa capacità del software, nel suo complesso, di automodificarsi secondo le esigenze (l'utilizzatore introduce le variazioni ed il software vi si adatta automaticamente). Le variazioni non automatiche sul codice devono rendersi necessarie solo per variazioni nelle equazioni del modello.

E' quindi apparso opportuno progettare e costruire il software sulla base di una architettura predefinita: una stesura del codice basata in primo luogo sulla traduzione delle equazioni in istruzioni avrebbe comportato una notevole rigidità e, in definitiva, una parziale riscrittura ad ogni significativa variazione nel modello.

4.3. Architettura

Sulla base degli obiettivi di semplicità d'uso e di invarianza (relativa) del software sono stati individuati i punti caratterizzanti l'architettura.

Il software del modello è fondamentalmente costituito dalla codifica delle equazioni che lo costituiscono e dagli strumenti che ne permettono il calcolo (accesso ai dati, controllo dell'esecuzione, restituzio

ne dei risultati).

Il primo passo nel delineare l'architettura è stato la separazione dei singoli aspetti funzionali elencati, e la definizione di modalità di comunicazione tra le singole parti derivanti.

Sono quindi stati individuati i seguenti nuclei di funzioni, partendo dal "centro" del modello, cioè le equazioni, fino all'acquisizione dati dall'esterno:

- calcolo delle equazioni relative ai sottosistemi del modello;
- controllo dello svolgimento di un esperimento, inteso come insieme di calcoli effettuati sulle equazioni suddette, per un determinato intervallo temporale;
- acquisizione dei dati di input, da parte del controllo dell'esperimento, per il calcolo delle equazioni;
- scelta dei dati di input e delle modalità di svolgimento dell'esperimento;
- acquisizione dei dati di input dalle fonti esterne al modello.

Dall'elenco suddetto deriva una prima considerazione con effetti diretti sull'architettura: il software deve essere invariante rispetto alle dimensioni dei dati di input del modello. Ne conseguono i primi due elementi caratterizzanti:

- a) i dati di input, acquisiti da forme e supporti diversi, sono trasformati, e utilizzati, in forma standard su un archivio predeterminato;
- b) il software che acquisisce i dati di input per il calcolo delle e-

quazioni del modello adatta automaticamente codice e aree di lavoro per detta funzione.

Poiché gli input al modello durante un esperimento sono determinati dal tipo di dato (ad esempio matrice dei tempi di trasferimento per mezzi pubblici) e dai periodi di acquisizione (anno) da parte del modello, l'invarianza del codice implica che le informazioni che controllano l'input e in generale l'esperimento siano esterne al codice (dati di controllo). Ne segue la terza caratteristica:

- c) il controllo dell'uso del software avviene esclusivamente tramite informazioni fornite da parte dell'utilizzatore, all'esterno del codice.

I tre elementi citati rivestono caratteristiche di architettura, non sono cioè semplici strumenti di flessibilità nell'uso del software. Essi infatti sono indipendenti dalle equazioni del modello, o più precisamente, dal relativo codice. In altri termini il codice del modello Torino in senso stretto potrebbe essere sostituito da un altro codice relativo a diverso modello: il software opererebbe in modo analogo.

In termini di restituzione dei risultati sono state create particolari modalità di controllo che sono tipiche del modello Torino. Esse tuttavia non rappresentano limitazioni per l'architettura in quanto non influenzano il controllo degli esperimenti.

4.4. I componenti

I principi di architettura di cui in 4.3. hanno condotto alla articolazione del software in componenti, che realizzano specifiche funzio-

ni.

Il linguaggio utilizzato è il FORTRAN 66, utilizzato in modalità batch sotto i sistemi operativi IBM OS/VS1 e successivamente MVS. Ciascun componente è costituito da un main program, articolato in sottoprogrammi di tipo subroutine e function.

Il software del modello Torino è stato strutturato nei seguenti componenti:

a) Base dati di input

E' l'insieme dei dati, relativi a caratteristiche del sistema urbano allo studio, che il modello può utilizzare nell'ambito degli esperimenti.

I dati vengono acquisiti da varie fonti e formati, vengono catalogati e archiviati con un formato standard di efficiente utilizzo.

b) Base esperimenti

Un esperimento è una sessione di prova del modello Torino per un certo intervallo temporale, suddiviso in parti detti cicli, di durata annua, utilizzando la versione dei dati di input relativa allo scenario ipotizzato.

Definire un esperimento significa sostanzialmente dire quali dati della base dati di input verranno utilizzati e in quali cicli nell'ambito della durata prevista.

c) Adattamento del testo sorgente del programma

Una definizione di esperimento implica la lettura di determinati dati di input in determinati momenti di tempo.

Il testo sorgente del programma deve quindi esser adattato, in modo automatico, a queste operazioni.

Da esso, attraverso gli usuali passi di compilazione e link-edit, viene prodotto un modulo eseguibile.

d) Esecuzione dell'esperimento

Quando sono disponibili un modulo eseguibile e una definizione di esperimento, l'esecuzione dello stesso viene effettuata eseguendo il programma relativo al modello (eventuale lettura dati, calcolo equazioni, eventuale produzione output) per ciascuno dei cicli previsti.

Le interrelazioni tra i vari componenti elencati sono descritte in figura 4.1.

Ciascun componente svolge determinate operazioni, partendo da eventuali dati in ingresso, e producendo dati in uscita, in varie forme, sulla base dei comandi che l'utilizzatore gli fornisce.

Ad esempio il componente base dati di input acquisisce i dati di input, nel loro formato originario, secondo la descrizione fornita dai comandi, e produce in uscita, oltre i dati di input in forma normalizzata, una tabella sullo stato della base, nonché una stampa di diagnosi.

I comandi sono codificati secondo una sintassi basata sull'istruzione NAMELIST del FORTRAN IBM, e sono contenuti su files ad immagine scheda (80 colonne).

Un comando è formato dalle seguenti parti:

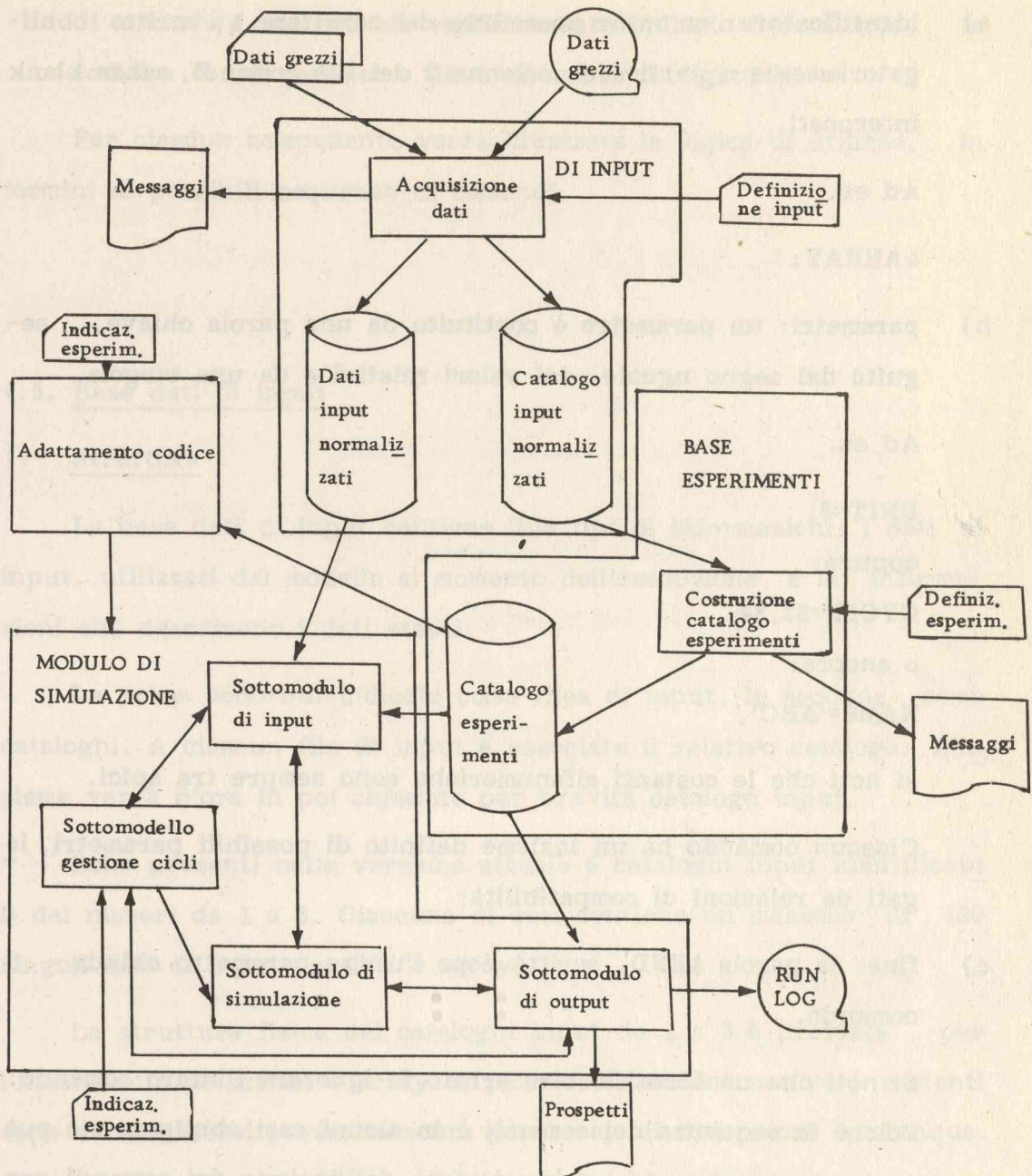


Figura 4.1. - Software del modello: interrelazioni tra i componenti

- a) identificatore: un nome preceduto dal carattere &, scritto obbligatoriamente a partire da colonna 2 del file comandi, senza blank interposti.

Ad es.

&ARRAY;

- b) parametri: un parametro è costituito da una parola chiave, seguita dal segno uguale, dai valori relativi e da una virgola.

Ad es.

UNIT=8,

oppure:

CYCLE=82,84,

o ancora:

NAME='ABC',

si noti che le costanti alfanumeriche sono sempre tra apici.

Ciascun comando ha un insieme definito di possibili parametri, legati da relazioni di compatibilità;

- c) fine: la parola &END, scritta dopo l'ultimo parametro chiude il comando.

Si noti che un identificatore errato fa ignorare l'intero comando. Poiché la sequenza dei comandi è in alcuni casi obbligata ciò può comportare un'errata interpretazione dell'insieme dei comandi, con risultati non previsti.

Un parametro, o la fine, errati condizionano l'esecuzione dell'intero comando e danno risultati errati.

Si noti che, ove non sia esplicitamente indicato il contrario, la codifica di un parametro deve ritenersi obbligatoria.

Per ciascun componente verrà illustrata la logica di utilizzo, in termini di possibili sequenze di comandi.

4.5. Base dati di input

1) Struttura

La base dati di input contiene due tipi di informazioni: i dati di input, utilizzati dal modello al momento dell'esecuzione, e le informazioni che descrivono i dati stessi.

Le prime sono qui indicate come files di input, le seconde come cataloghi. A ciascun file di input è associato il relativo catalogo. L'insieme verrà d'ora in poi chiamato per brevità catalogo input.

Sono presenti nella versione attuale 6 cataloghi input identificabili dai numeri da 1 a 6. Ciascuno di essi contiene un massimo di 100 singoli dati di input (scalari o array).

La struttura fisica dei cataloghi input da 1 a 3 è prevista per l'inserimento di scalari e array di piccole dimensioni mentre i restanti sono da utilizzarsi preferibilmente per array di dimensione qualunque.

Quanto sopra è menzionato per un utilizzo ottimale dello spazio. Nulla vieta tuttavia, finché c'è spazio disponibile, di inserire dati di input nel catalogo input scelto indipendentemente dalle considerazioni di cui sopra.

2) Comandi

Il file comandi relativo al componente descritto si compone di due tipi di comandi:

- &CATAL che indica il catalogo input su cui si intende operare;
- &ARRAY che definisce uno o più dati di input.

La sequenza richiesta è la seguente:

- a) apertura di un catalogo input;
- b) inserimento o cancellazione dati di input;
- c) chiusura catalogo input;
- d) chiusura utilizzo base dati di input.

Si noti che sono possibili sequenze del tipo (le lettere si riferiscono ai passi del precedente elenco): a,b,c,a,b,c,...,d.

Ciascuna fase è descritta di seguito.

3) Apertura catalogo input

Il comando è

&CATAL ID=numero_catalogo,&END

ove numero_catalogo è un numero compreso tra 1 e 6.

Esempio:

&CATAL ID=3,&END

apre il catalogo input 3.

4) Inserimento dei dati di input

I parametri del comando &ARRAY definiscono differenti tipi di dati di input. Vengono qui di seguito descritti i parametri relativi a ciascuna delle caratteristiche private.

Ogni caratteristica può combinarsi con le altre, salvo indicazioni esplicite di incompatibilità.

Le caratteristiche qui descritte sono:

a) individuazione del dato di input

- parametro NAME='nome',

ove nome è un carattere alfanumerico di max 6 caratteri, il primo alfabetico.

Ad es. NAME='NNE',

identifica (assieme all'eventuale parametro TIME) il dato di input;

- parametro TYPE='tipo', (facoltativo)

ove tipo può essere uno dei seguenti: REAL, REAL*4, REAL*8, REAL*16, LOGICAL, LOGICAL*4, LOGICAL*1, INTEGER, INTEGER*2, INTEGER*4, COMPLEX, COMPLEX*8, COMPLEX*16, COMPLEX*32.

Il valore di default è REAL*8.

Questo parametro indica in quale forma verrà utilizzato il dato di input nel programma;

b) struttura dei dati:

se si tratta di array è obbligatorio il parametro

DIMENS=lista_dimensioni,

ove lista_dimensioni è una lista contenente da 1 a 7 costanti numeriche che indicano il valore massimo assunto dall'indice relativo alla posizione (il valore minimo è 1).

Ad es.: DIMENS=6,99.

Indicare DIMENS=1 oppure omettere il parametro implica la definizione di uno scalare.

Il valore di default è DIMENS=1;

c) modalità di acquisizione del dato.

Sono possibili due modalità:

- il dato di input è una costante definita nello stesso comando
&ARRAY: occorre il parametro VALUE=valore, obbligatorio, ove valore è una costante, in formato coerente con il parametro TYPE; questa modalità è utile, ad esempio, per azzerare input, o inserire valori di default;

- il dato di input è letto da un file esterno: occorrono, in alternativa a VALUE, i seguenti parametri:

parametro: UNIT=numero_unità,

ove numero_unità è un numero di due cifre, compreso tra 08 e 74, che collega la definizione indicata nel comando &ARRAY al file, definito nella procedura GOINPUT che effettua le operazioni sulla base dati di input, con il nome FTxxF001 ove xx è il numero_unità citata.

Più comandi &ARRAY possono utilizzare lo stesso numero_unità.

E' tuttavia responsabilità dell'utilizzatore assicurare l'esatta corrispondenza tra comandi e dati. Si consiglia quindi, ove possibile, di usare un numero_unità distinto per ogni comando.

parametro: FORMAT = $\left\{ \begin{array}{l} \text{'object_time_format'} \\ \text{'NO'} \end{array} \right.$

ove

object_time_format è identico ad un'istruzione (FORTRAN) FORMAT escluse la label numerica e la parola FORMAT e viene usato per i files di tipo "formatted", contenenti cioè caratteri, in codice EBCDIC (che vengono appunto letti secondo il FORMAT indicato)

NO implica invece files di tipo "unformatted", contenenti cioè dati in forma binaria.

parametro: DATREC=numero_valori_record,

ove numero_valori_record indica

- nel caso di files formatted il numero di singoli dati (valori) implicati dall'espressione dell'object_time_format.

Ad es.:

FORMAT='(3x,10F10.0,2x,3(1x,2F4.2,2x,3F5.2))'

implica

DATREC=25, cioè $10+3x(2+3)$

- nel caso di files unformatted DATREC esprime il numero di valori contenuti in un singolo blocco fisico (definito a livello di JCL dal parametro BLKSIZE) del file. Questo dato deve essere noto all'utilizzatore.

parametri: INDEX e TRASP, opzionali.

Questi parametri sono codificati quando si vogliono effettuare trasposizioni (in senso matriciale) degli array rispetto al modo con cui sono registrati nei files originari.

Coerentemente con il parametro DIMENS è possibile indicare fino a 7 indici.

INDEX indica la sequenza di variazione, con priorità a sinistra, degli indici nel file originario, mentre TRASP registra la sequenza di variazione che si desidera ottenere sulla base dati di input (e quindi nel modello e relativo programma).

Ad es.

INDEX = 'A', 'B', 'C',

TRASP = 'C', 'A', 'B',

indica che l'array sulla base dati sarà scritto facendo variare più rapidamente l'indice C, poi A e infine B, mentre in origine variavano, nell'ordine A, poi B, poi C.

Si noti che le dimensioni indicate in DIMENS si riferiscono alla struttura originaria (cioè come in INDEX) dei dati di input;

- d) loop di lettura dati.

I parametri finora indicati descrivono un singolo dato di input.

E' possibile definire un insieme di dati di input, identici a meno di un riferimento temporale, collegabile al ciclo nell'esecuzione degli esperimenti.

Viene utilizzato a questo scopo il parametro TIME, così codificato:

TIME=loop1,loop2,...loopn

ove loopx può essere uno dei seguenti (le virgole sono comprese nella sintassi delle istruzioni):

- anno,,
- anno_da, anno_a,
- anno_da, anno_a, anno_incr

TIME può contenere una sequenza di un massimo di 10 loop, di ognuno delle tre forme indicate. Si noti che

anno anno_da anno_a sono costanti numeriche che indicano le decine e le unità dell'anno di riferimento

anno_incr è un intero relativo.

Gli anni derivanti dalla combinazione di anno anno_da anno_a anno_incr devono essere compresi tra il 1952 e il 2050.

Ad es.:

TIME=71,,,73,77,,82,88,2

esprime gli anni 71,73,74,75,76,77,82,84,86,88 e quindi implica che sul file definito da UNIT esistano 10 insiemi di dati definiti da NAME, TYPE, ciascuno dei quali costituisce un dato di input.

Ciascuno di essi è quindi identificato da NAME e dal relativo valore di TIME.

Ad es.:

a) dato di input come costante definita all'interno del comando

```
&ARRAY NAME='MIGRXY',VALUE=0,&END
```

b) array definito da input formattato con trasposizione, per gli anni dal 1971 al 1980

```
&ARRAY NAME='TCASER',TIME=71,80,DIMENS=2,6,  
FORMAT='(2(6(1x,f5.0)))',DATREC=12,  
UNIT=20, INDEX='R', 'S', TRASP='S','R'  
&END
```

Il limite indicato di 100 dati di input per catalogo input si riferisce alle combinazioni NAME TIME.

Nell'esempio b) il comando relativo inserisce 10 dati di input nel relativo catalogo, ed è equivalente a 10 comandi &ARRAY, in cui vi sia un comando TIME=anno_singolo.

5) Cancellazione di input (eventuale)

E' possibile cancellare logicamente dal catalogo input un input con il seguente comando:

```
&ARRAY NAME=.....,TIME=.....,MODE='DELETE',&END
```

ove NAME e TIME hanno i significati sopra descritti.

Il componente "Base dati di input" provvede alla riorganizzazione fisica delle informazioni e dei dati contenuti. Qualora non vi sia più spazio la cancellazione di dati di input sopra descritta può essere

utilizzata in alternativa, o in aggiunta all'uso di altri cataloghi input.

6) Chiusura catalogo input

Occorre il comando

&ARRAY EXIT=, END;

7) Chiusura utilizzo base dati di input

Viene codificato il comando:

&CATAL EXIT=,&END;

8) Output

La base dati di input, oltre alla creazione dei files indicati come cataloghi input, produce un listato dei comandi inseriti, con messaggi di accettazione e di diagnostica errori, un listato con i soli eventuali messaggi di errore, una tabella riassuntiva del contenuto dei cataloghi input utilizzati, sia in ordine di inserimento che alfabetico. Tutti i messaggi sono autoesplicativi.

9) Procedure di utilizzo

Ciascun componente utilizza informazioni contenute in un insieme di files su disco (d'ora in poi files di base).

Inoltre, prerequisito per l'utilizzo dell'intero pacchetto software di base è la presenza su disco di altri files (d'ora in poi definiti files librerie).

Quando le suddette condizioni sono verificate l'utilizzatore può procedere all'uso del componente.

Il componente base dati è utilizzato tramite la procedura GOINPUT.

4.6. Base esperimenti

1) Struttura

Il compito fondamentale del componente base esperimenti è la produzione di un insieme di tabelle, che risiedono su un file di base, in cui sono registrate la durata dell'esperimento (inizio, fine, suddivisione in cicli annui), e i dati di input che esso deve acquisire ai cicli previsti.

2) Comandi

Analogamente alla base dati di input, la definizione degli esperimenti avviene attraverso un file comandi sintatticamente identico a quello descritto per il componente citato.

Le operazioni possibili sono le seguenti:

- a) cancellazione (eventuale) di esperimenti definiti in precedenza;
- b) definizione di un nuovo esperimento (nome, intervallo temporale);
- c) definizione di variabili di esperimento.

Con questo termine si intende il nome con cui una variabile, utilizzata dalle equazioni del modello, è presente nel testo sorgente del relativo programma FORTRAN. E', in altre parole, la variabile cui verranno assegnati i valori dei dati di input;

- d) definizione di dati di input di esperimento.

Con questo termine si indicano i dati di input, presenti in un

catalogo input, che verranno associati alle variabili di esperimento di cui al punto precedente;

- e) fine definizione variabile di esperimento;
- f) fine definizione dell'esperimento;
- g) fine dell'utilizzo della base esperimenti.

La sequenza delle operazioni è del tipo (le lettere si riferiscono ai passi del precedente elenco):

a (a ...) b c d (d ...) e (c d (d ...) e ...) f (a (a ...) b c d (d ...) e ...) g.

3) Cancellazione di un esperimento

Il comando è

&EXPER NAME = 'nome_esperimento', MODE='DELETE', &END

ove nome_esperimento è una costante alfanumerica, sintatticamente identica al valore dell'omonimo parametro del comando &ARRAY, che identifica un esperimento già definito in precedenza.

4) Definizione di un nuovo esperimento

I comandi sono:

- &EXPER NAME='nome_esperimento',
BEGIN=anno_inizio,END=anno_fine, &END

ove

nome_esperimento (vedi sopra), non deve essere presente sulla base esperimenti

anno_inizio e anno_fine indicano, con la stessa sintassi dei valori del parametro TIME del comando &ARRAY, l'anno di inizio e quello di fine dell'esperimento. Ovviamente deve essere

$$52 \leq \text{anno_inizio} \leq \text{anno_fine} \leq 50,$$

considerando che quanto sopra deve esser letto

$$1952 \leq \dots \leq 2050,$$

essendo gli anni indicati con le due cifre aritmeticamente meno significative;

- &CONST EXIT=, &END

il cui scopo è escludere opzioni che non interessano l'utilizzatore.

5) Definizione di una variabile di esperimento

Il comando è

&PERIOD NAME='nome_variabile_esperimento', &END

ove nome_variabile_esperimento, sintatticamente identico al valore degli omonimi parametri descritti in precedenza, indica, in modo univoco, la variabile FORTRAN contenuta nel testo sorgente.

6) Definizione di dati di input di esperimento

Il comando è

&INPUT NAME='nome_dato_di_input',

CATAL=id_catalogo_input,

CYCLE=loop_anno_ciclo,

TIME=loop_anno_time,

&END

ove

nome_dato_di_input è un nome di dato di input presente sul catalogo id_catalogo_input.

Il parametro TIME, necessario se era stato utilizzato per definire il dato di input qui richiamato, definisce, unitamente a NAME, un insieme di dati di input che devono essere associati dal programma alla variabile di esperimento negli anni indicati dal parametro CYVLE

loop_anno_ciclo e loop_anno_time sono sintatticamente identici al valore del parametro TIME del comando &ARRAY.

Ponendo che loop_anno_ciclo e loop_anno_time definiscano rispettivamente m ed n anni, si potranno avere le seguenti possibilità:

- a) $m \geq 1$, $n = 1$, oppure n non definito per assenza di TIME: in tutti gli anni definiti da CYCLE verranno letti i valori contenuti nel dato di input definito da NAME (TIME) CATAL;
- b) $m = n > 0$: per ciascun anno di CYCLE verrà letto il valore del relativo NAME TIME CATAL; si noti che la codifica TIME = significa TIME = loop_anno_time = loop_anno_ciclo.

Ogni altra situazione non è corretta.

Si noti che si possono avere associati, per una stessa variabile di esperimento (comando &PERIOD), più dati di input di esperimento (comando &INPUT), come nell'esempio che segue:

&PERIOD NAME='TT', &END

&INPUT NAME='TT', CATAL=1, TIME=71, CYCLE=72, &END

&INPUT NAME='TT', CATAL=3, TIME=81, CYCLE=82, &END

&INPUT NAME='TT', CATAL=5, TIME=85, CYCLE=86, &END

...

Ciò si rende necessario quando non è possibile associare in un unico comando tutti i valori di TIME e CYCLE.

7) Fine definizione dati di input di esperimento

Il comando è

&INPUT EXIT=, &END.

8) Fine definizione dell'esperimento

Il comando è

&PERIOD EXIT=, &END.

9) Fine utilizzo della base esperimenti

Il comando è

EXPER EXIT=, &END.

10) Output

La base esperimenti, oltre alla creazione delle tabelle contenenti le informazioni relative agli esperimenti trattati, produce un listato dei comandi inseriti con messaggi di accettazione e di diagnostica errori, un listato con i soli eventuali messaggi di errore, un prospetto

riassuntivo del contenuto della tabella esperimenti, indicando le variabili di esperimento sia in ordine alfabetico che temporale.

Tutti i messaggi sono autoesplicativi.

11) Procedure di utilizzo

Con il presupposto che i files di base siano a disposizione su disco l'utilizzatore può operare con il componente base esperimenti attraverso la procedura GOEXPER.

4.7. Adattamento del testo sorgente

1) Struttura

Il compito fondamentale del componente adattamento del testo sorgente è di introdurre nel testo stesso alcune istruzioni FORTRAN (principalmente definizione di array ed altri statements conseguenti), e di completare le informazioni sui files di base per permettere il controllo dell'esecuzione dell'esperimento (da parte dell'omonimo componente quando sarà attivato). Un esperimento su cui il componente qui descritto ha operato con successo (cioè senza rilevare errori di alcun genere) è definito eseguibile.

2) Comandi

La definizione delle operazioni da compiersi avviene attraverso un file comandi sintatticamente identico a quelli descritti in precedenza.

In questo caso è possibile una sola operazione, ossia il rendere eseguibile un esperimento; i comandi sono quindi:

```
&SOURCE EXPER='nome_esperimento', &END
```

```
&SOURCE EXIT=, &END
```

ove nome_esperimento è il nome di un esperimento definito in precedenza con il componente base esperimenti.

3) Gestione delle grandi dimensioni

Vengono dati qui di seguito alcuni cenni ad un componente software, sviluppato ed utilizzato in una prima versione del modello, in cui, da un lato, alcuni array erano di dimensioni maggiori degli attuali, e d'altro lato il sistema operativo disponibile (IBM OS/VS1) non consentiva una memoria virtuale superiore a 1.5 MB per task.

Il modello Torino utilizza alcune grandezze con un notevole grado di analiticità; ne risultano quindi array con un numero molto elevato di elementi che, tradotti in codice, richiedono memoria centrale nell'ordine di parecchie decine di milioni di byte (*).

Almeno per il sistema operativo allora a disposizione (**), la me

(*) Il solo array DPOTO, distribuzione del numero delle famiglie (con capofamiglia occupato) secondo la zona di residenza, quella di lavoro, la tipologia familiare e la tipologia residenziale, aveva 99x99x40x18 elementi, pari ad un numero di oltre 25 milioni di byte (nel caso gli elementi siano numeri reali di 4 byte). (Successive riduzioni hanno portato le dimensioni a 99x99x9x6).

(**) Il sistema operativo OS/VS su IBM non permetteva l'utilizzo di indirizzi virtuali maggiori di 16.777.216 byte (cfr.: IBM System/370, Principles of Operation, IBM, GA22-7000). Praticamente, nell'installazione utilizzata, non era normalmente disponibile una partizione superiore a 1536 Kbyte.

moria centrale disponibile non era sufficiente alla esigenza indicata. Definiamo quindi come "a grande dimensione" un array tale da creare un modulo eseguibile incompatibile con la memoria centrale (virtuale) a disposizione.

Possibili soluzioni

In generale, il problema di esecuzione di un processo in uno spazio fisico S_f di lunghezza maggiore dello spazio S_i degli indirizzi (Bovet, 1977, p. 133 e segg.) può essere risolto secondo tre tecniche principali:

- ricoprimento manuale, ove i trasferimenti tra memoria centrale e secondaria sono gestiti dal programmatore;
- ricoprimento automatico, ove il programmatore indica la struttura dei ricoprimenti (overlay) e questa viene gestita durante l'esecuzione del lavoro (run-time) da appositi programmi di sistema;
- memoria virtuale: il programmatore codifica come se lo spazio fisico fosse compatibile con quello degli indirizzi; il sistema operativo gestisce automaticamente gli indirizzamenti e i trasferimenti tra memoria centrale e secondaria.

Scartata a priori l'ipotesi di utilizzare tecniche di ricoprimento manuale, che avrebbe comportato un notevole grado di rigidità del codice alle variazioni dimensionali e strutturali del modello, oltre a complicare notevolmente il codice stesso, la scelta resta tra il ricoprimento automatico ed una qualche forma di virtualizzazione degli array a grande dimensione (considerando che il codice oggetto, aree dati escluse, è in sé ampiamente compatibile con la memoria centrale disponibile).

Il primo tipo di soluzione è stato utilizzato nel Detroit Prototype del modello di simulazione urbana del National Bureau of Economic Research (USA) (Ingram, Kain, Ginn, 1972). Questo modello, che richiede un minor spazio per i dati di quello in oggetto (ad esempio, le zone sono 44 contro 99), utilizza una struttura di overlay di 11 segmenti oltre al main, per 26 subroutine, codificate in FORTRAN IV, e 25 labeled common. Ogni subroutine si riferisce ad una o più labeled common contenente i dati richiesti, ed ogni segmento contiene almeno un gruppo subroutine + labeled common. La gestione è predisposta dal linkage editor (*).

Teoricamente una soluzione simile era possibile anche per il modello presente; tuttavia, alcuni array (come il già citato DPOTO) avrebbero da soli occupato più di un'area labeled common, riproducendo, sebbene in scala minore, i problemi del ricoprimento manuale. E' stata quindi messa a punto una particolare tecnica di indirizzamento che svincola il programmatore da problemi di indirizzamento e ricoprimento per gli array a grande dimensione.

La tecnica scelta

La memoria centrale richiesta dal programma, che è codificato prescindendo da concreti limiti di memoria, è simulata da un file FORTRAN ad accesso diretto (memoria esterna).

Gli array a grande dimensione sono allocati in gruppi consecutivi di record di detta memoria esterna. Nella memoria centrale del cal-

(*) Cfr.: IBM OS/VS, Linkage Editor and Loader, order form GC26-3813.

colatore, più precisamente in una particolare labeled common area (memoria interna), risiedono soltanto alcuni segmenti (pagine) di alcuni array a grande dimensione, cioè di quelli utilizzati in un certo momento in una parte di programma (blocco). Se l'elemento richiesto di un determinato array è presente nella relativa pagina, esso viene messo a disposizione; altrimenti, detta pagina viene scritta nelle opportune posizioni in memoria esterna e la nuova pagina, contenente l'elemento richiesto, viene caricata in memoria interna. Queste due operazioni costituiscono un ciclo di paginazione.

In ciascun blocco, l'ampiezza della pagina è, in prima approssimazione, inversamente proporzionale al numero degli array presenti in memoria interna. In realtà, potendo coesistere in uno stesso blocco differenti tipi di array (reali, interi, logici, complessi, di diversa lunghezza), le ampiezze delle pagine varieranno da tipo a tipo e da blocco a blocco. Le funzioni di indirizzamento e paginazione indicate sono svolte da un insieme di sottoprogrammi, presenti sotto forma di moduli oggetto in apposita libreria.

Per poter utilizzare detti sottoprogrammi, il programma FORTRAN, codificato secondo quanto detto sopra, necessita di alcune trasformazioni. Queste sono effettuate aggiungendo ad esso particolari istruzioni non-FORTRAN (che definiscono gli array a grande dimensione, l'ampiezza delle memorie esterna ed interna, e delimitano i blocchi) e sottoponendo il testo sorgente così ottenuto ad un apposito programma, detto pre-compilatore, che produce come output un programma FORTRAN in grado di utilizzare la tecnica suddetta.

Le limitazioni all'ampiezza della memoria interna sono ovviamente

determinate dalla memoria centrale a disposizione, mentre nei riguardi della memoria esterna il programma precompilato è nella stessa situazione di un normale programma FORTRAN che richiede l'utilizzo di un file direct.

D'altro lato, ciascun array può avere, teoricamente, un numero di elementi dell'ordine del massimo intero positivo contenuto in una parola della memoria ($\approx 2^{31}$, nel nostro caso).

Il precompilatore

E' un traduttore, scritto a sua volta in FORTRAN IV ANSI, che effettua il processo suddetto sulla base di opportuni statement, avvenuti sintassi analoga a particolari istruzioni FORTRAN, i quali permettono di effettuare, oltre alle operazioni necessarie per l'utilizzo dell'algoritmo di indirizzamento, operazioni accessorie di input-output e di misurazione delle prestazioni del programma precompilato.

Limiti ed aspetti operativi della tecnica scelta

Pur essendo attualmente l'utilizzo del precompilatore in una fase sperimentale, sono apparsi critici, nel determinare le prestazioni del programma precompilato, i punti seguenti:

- numero di accessi agli array: deve essere minimizzato, compatibilmente con la logica del programma, attraverso l'utilizzo di opportune variabili transitorie, per evitare accessi non necessari alle routine di indirizzamento;
- sequenza di accessi agli array; per evitare fenomeni di trashing (cicli di paginazione continui), occorrono sequenze di accesso

consecutive rispetto a quelle di memorizzazione dei singoli elementi, che, coerentemente con la convenzione FORTRAN, è quella lessicale inversa;

- struttura dei blocchi (numero e tipo di array ivi presenti): deve essere tale da minimizzare il numero di blocchi nel programma (per evitare eccessive operazioni di allocazione e deallocazione).

4) Output

L'adattamento del testo sorgente, oltre al completamento delle tabelle contenenti le informazioni relative agli esperimenti trattati, produce un file ad immagine scheda contenente un programma, scritto in FORTRAN 66 (con estensioni IBM), pronto per la compilazione e un listato dei comandi immessi, con messaggi di accettazione e di diagnostica errori.

Tutti i messaggi sono autoesplicativi.

5) Procedure di utilizzo

Prima dell'utilizzo del componente adattamento del testo sorgente l'utilizzatore dovrà avere a disposizione su disco tutti i files di base.

L'utilizzatore può procedere all'uso del componente con la procedura GOSOURCE. Detta procedura comprende le fasi di adattamento del testo sorgente, compilazione dello stesso e link-edit ottenendo al termine un modulo eseguibile.

4.8. Esecuzione dell'esperimento

1) Struttura

Il compito di questo ultimo componente è di eseguire l'esperimento, con le modalità indicate dagli altri componenti; è tuttavia possibile introdurre delle variazioni, quali posticipare l'inizio e/o la fine dell'esperimento. Possono esser indicati particolari output stampabili oltre alla presentazione cronologica delle principali variabili di esperimento.

2) Comandi

Il file comandi, analogo ai precedenti, permette i seguenti tipi di operazioni:

- a) attivazione dell'esperimento;
- b) indicazione di output opzionali;
- c) termine indicazione output opzionali;
- d) termine utilizzo componente.

La sequenza è del tipo a (b ...) c d.

3) Attivazione dell'esperimento

Il comando è

`&RUN EXPER='nome_esperimento',`

`START=anno_inizio, STOP=anno_fine, &END`

ove

- nome_esperimento è il nome di un esperimento eseguibile;
- anno_inizio \leq anno_fine, indicati con le modalità per gli anni descritte in precedenza, definiscono l'intervallo temporale effettivo

di esecuzione dell'esperimento; l'anno_inizio codificato in &RUN deve esser compreso tra l'inizio (BEGIN) e la fine (END) codificati in &EXPER.

4) Indicazione di output opzionali

Il comando è

&OUTPUT

PROSP='tipo_prospetto',
AGGREG='tipo_aggregazione',
CYCLE=loop_anni_, &END

ove

- tipo_prospetto è una costante alfanumerica, che definisce il tipo di output opzionale desiderato; i valori di PROSP ammessi sono:
 - FLUSSI99 (flussi interzonal su un sistema di 99x99 zone)
 - FLUSSI47 (flussi interzonal su un sistema 47x47: Torino zona 1)
 - SINTESI1 (per 99 zone: popolazione, addetti, abitazioni, capi famiglia, attrattività)
 - SINTESI2 (per 99 zone: popolazione, abitazioni, addetti totali, addetti industria, addetti, terziario, accessibilità)
 - ADDETTI, ABITAZ, SUOLOC, SUOLPR, POPOL

(questi ultimi cinque valori definiscono tabelle, con numero di righe definite dal parametro AGGREG, con valori assoluti, per-

centuali per riga, colonna, su totale, totali marginali, relativi al le variabili di esperimento addetti, abitazioni, suoli occupati e di progetto, popolazione);

- tipo_aggregazione è una costante alfanumerica che definisce, per alcuni valori di PROSP il livello di aggregazione desiderato delle variabili di esperimento; i valori di AGGREG ammessi sono:

- ZONE99: sistema originario di 99x99 zone
- ZONE 47: sistema 47x47 in cui Torino occupa la zona 1
- COMPR6: sistema a 6 comprensori
- COMPR7: sistema a 6 comprensori in cui il 1° è Torino è il 2° è il resto del 1° dei 6 comprensori di COMPR6
- CORONE: sistema a 4 corone
- DIRETT: sistema a 6 direttrici.

5) Fine output opzionali

Il comando è

&OUTPUT EXIT=, &END.

6) Fine utilizzo componente esecuzione esperimenti

Il comando è:

&RUN EXIT=, &END.

7) Output

L'esecuzione dell'esperimento produce, oltre agli output opzionali richiesti con il comando &OUTPUT, un file stampabile contenente i va

lori, anno per anno, delle principali variabili di esperimento, nonché un listato dei comandi inseriti, con messaggi di accettazione e di diagnostica errori, e di svolgimento dell'esperimento.

Tutti i messaggi sono autoesplicativi.

8) Procedure di utilizzo

Prima dell'utilizzo del componente esecuzione dell'esperimento l'utilizzatore dovrà avere a disposizione su disco tutti i files di base; ovviamente per l'uso effettivo del componente è necessario almeno un esperimento eseguibile.

L'utilizzatore può procedere immediatamente all'uso del componente con la procedura GORUN.

5. IL SISTEMA URBANO DI TORINO

5.1. Introduzione

Questo capitolo illustra le caratteristiche del sistema urbano allo studio. Dapprima, in 5.2. si presenta una breve descrizione della configurazione fisico-territoriale dell'area e dei criteri utilizzati per la sua articolazione zonale. Successivamente, in 5.3., vengono richiamati gli elementi essenziali di un'analisi dei processi di sviluppo produttivi nell'area nel periodo 1951-1980, che hanno portato all'attuale assetto del sistema urbano di Torino (cfr.: Bertuglia ed altri, 1983c). Questa analisi, oltre a fornire gli elementi conoscitivi della struttura del sistema allo studio, costituisce un quadro di riferimento particolarmente utile per collocare ed interpretare i risultati delle sperimentazioni descritte nel rapporto.

5.2. Caratteristiche fisico-territoriali ed articolazione zonale

L'area di studio occupa l'estrema parte nord-occidentale del Piemonte. Il 50% della sua superficie complessiva (kmq. 4.924) è montagna, il 20% è collina ed il rimanente 30% è pianura. Nella parte piana e collinare (situata in posizione centro-occidentale dell'area) si concentra l'aliquota più rilevante delle attività produttive e della popolazione.

Dal punto di vista delle caratteristiche territoriali, l'area torinese, e più in generale il Piemonte, si trova in una posizione, in qualche modo, privilegiata, sia rispetto alle altre aree europee (essa, infatti, si colloca in un punto di cerniera di due grandi corridoi naturali, ambedue confluenti sul Mediterraneo: quello di Le Havre - Parigi - Lione - Marsiglia e quello di Rotterdam - Francoforte - Strasburgo), sia rispetto al resto d'Italia (essa, infatti, consente una stretta con-

nessione dell'Italia con le cosiddette "aree forti" dell'Europa). Inoltre, i forti legami interindustriali dell'Italia settentrionale (in particolare, Milano e Genova), nonché la posizione geografica, hanno fatto sì che si sviluppasse un sistema infrastrutturale di comunicazioni (di rilevanza regionale e sovraregionale) lungo particolari direttrici (in particolare, Torino-Milano, Torino-Genova, Torino-Modane, Torino-Aosta), il quale ha avuto un ruolo importante nello sviluppo spaziale del sistema urbano torinese, cfr.: fig. 5.1..

L'area oggetto di studio comprende 206 comuni, dei quali il comune di Torino rappresenta, dal punto di vista sia socioeconomico sia delle interazioni spaziali quello di gran lunga più importante. L'area considerata, corrisponde al comprensorio di Torino, ossia è "l'area programma" del sistema urbano di Torino: l'unità territoriale così definita ai fini della pianificazione e gestione territoriale, secondo la concezione di comprensione assunta dalla Regione Piemonte (cfr.: Socco, 1976, Regione Piemonte, 1978).

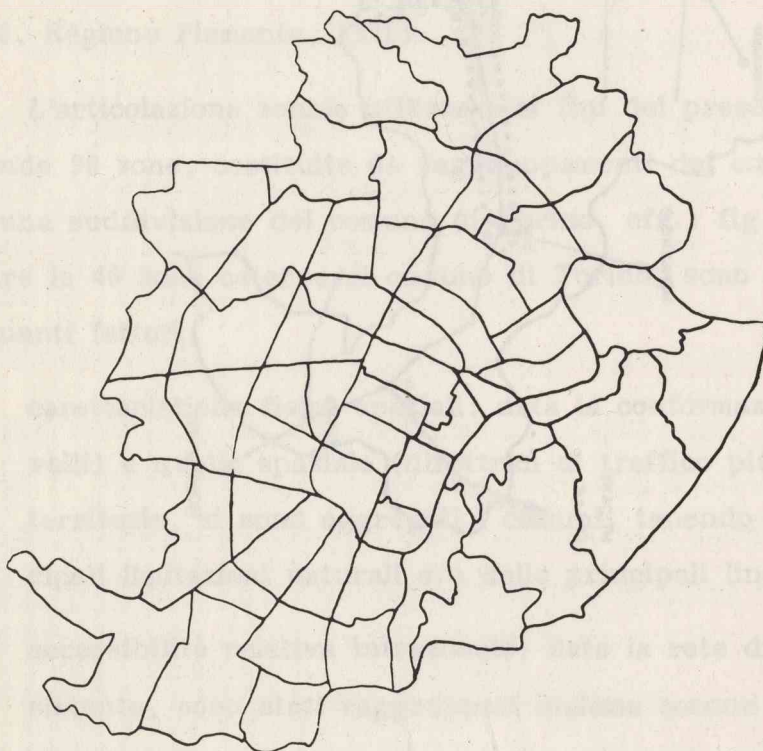
L'articolazione zonale utilizzata ai fini del presente studio, comprende 99 zone, costituite da raggruppamenti dei comuni dell'area e da una suddivisione del comune di Torino, cfr.: fig. 5.2. Nell'individuare le 46 zone esterne al comune di Torino, sono stati considerati i seguenti fattori:

- a. caratteristiche fisico-spaziali: data la conformazione fisica (fiumi, valli) e quella spaziale (direttrici di traffico più importanti) del territorio, si sono aggregati i comuni, tenendo conto delle principali limitazioni naturali e/o delle principali linee di traffico;
- b. accessibilità relativa intrazonale: data la rete di comunicazioni esistente, sono stati raggruppati insieme comuni che presentava-

----- delimitazione delle zone di studio
—— delimitazione delle corone



(a) Zone dell'area di studio esterne alla città di Torino e delimitazioni delle corone



(b) Zone della città di Torino e delimitazione dei quartieri

Figura 5.2 Articolazione dell'area di studio secondo zone

no, tra di loro, una accessibilità sufficientemente elevata (rispetto alle altre zone);

- c. consistenza minima delle zone: date le caratteristiche socio-economiche e spaziali dei comuni, è stato necessario aggregare maggiormente i comuni (in particolare, quelli più esterni) che presentavano valori relativamente meno elevati di dette densità, in modo da ottenere zone sufficientemente significative.

Per quanto riguarda il comune di Torino, le 53 zone di studio sono costituite da raggruppamenti di 94 zone statistiche. I fattori considerati, in parte simili a quelli prima enunciati, sono:

- a. caratteristiche fisico-spaziali: data la presenza di barriere naturali (fiumi) e/o quella di barriere artificiali (ferrovie) sul territorio, sono state raggruppate soltanto zone statistiche non separate da barriere del tipo detto;
- b. densità di popolazione: data la diversa densità della popolazione urbana, si è cercato di raggruppare zone statistiche con densità di popolazione relativamente minori, mantenendo distinte quelle con densità di popolazione più elevate;
- c. omogeneità socioeconomica e spaziale: si è cercato di tenere conto della continuità del tessuto urbanistico (raggruppamento di zone statistiche con tessuto urbanistico simile), nonché del tipo di attività urbana presenti nelle zone statistiche (raggruppamento di zone statistiche con attività simili e, in particolare, ove possibile, a prevalente attività residenziale od a prevalente attività produttiva).

Ai fini dell'analisi condotta nel successivo paragrafo, sia della dimensione dei risultati del modello, è stato utile fare riferimento alla

suddivisione dell'area secondo corone, mostrate in fig. 5.2a. L'articolazione secondo corone, individuata dall'IRES negli anni '70, è stata successivamente utilizzata in molti studi sull'area torinese, seppur con diversa delimitazione operativa dell'estensione territoriale delle stesse. Nel presente studio, l'articolazione territoriale delle corone ricalca, sostanzialmente, quella definita da Detragiache (1976), pur con alcune modifiche derivanti dalla diversa definizione delle zone di studio.

5.3. Processi di sviluppo socioeconomici e spaziali nel periodo 1951-1980

Il sistema urbano di Torino, rappresenta uno dei più tipici esempi italiani di sviluppo metropolitano indotto dalla crescita e dalla concentrazione delle attività industriali e, in relazione a ciò, dalla crescita e dalla concentrazione demografica.

Più in generale, i fattori esplicativi fondamentali dell'evoluzione socioeconomica e spaziale di questo sistema urbano, nel secondo dopoguerra, possono indicarsi come segue:

a. un fattore di natura politica, costituito da decisioni a livello nazionale che hanno avuto l'effetto di concorrere a concentrare lo sviluppo post-bellico della produzione industriale e la domanda di forza lavoro in situazioni territoriali già dotate di elevati livelli di economie esterne;

b. un fattore di natura economica legato:

b.1. alla presenza nell'area torinese di una consistente industria metalmeccanica, in particolare dell'auto, che - fruen-

do sia del basso costo della manodopera nazionale, rispetto a quello degli altri paesi, sia di un più accelerato sviluppo tecnologico - si è configurata come settore propulsore dello sviluppo economico (cfr.: IRES, 1959, 1966, 1976a, 1976b); Gabrielli, 1974; Borlenghi, 1982);

- b.2. al ruolo del settore edilizio che, nella crescita urbana indotta dallo sviluppo industriale, ha costituito il settore di prima occupazione - e, in qualche modo, di formazione professionale - per la più parte degli immigrati, (cfr.: Secchi, 1972; Roscelli, Bedrone, 1975);
- c. un fattore di natura demografica, strettamente interconnesso ai due precedenti, costituito dall'elevata mobilità che, dal Sud al Nord e dalla campagna alla città, ha riversato nell'area di Torino un gran numero di immigrati, facendo crescere la popolazione in modo molto più consistente di quanto ci si poteva attendere dal trend naturale e provocando profonde modificazioni nella struttura socioeconomica della popolazione stessa (cfr.: IRES, 1965).
- Sulla base di questi fattori, il processo di crescita del sistema urbano di Torino può essere sintetizzato come segue (Bertuglia, Rabin, 1976):
- a. crescita socioeconomica del comune di Torino;
 - b. successiva crescita socioeconomica dei comuni contigui (in particolare, di quelli della prima corona) (anche con trasferimento di posti di lavoro industriali dal comune di Torino a detta prima corona);
 - c. declino socioeconomico delle zone marginali rispetto a quelle investite dalla crescita.

I principali effetti risultanti dal processo di crescita possono essere così riassunti:

- a. espansione della conurbazione torinese (città di Torino e comuni contigui) secondo lo schema a macchia d'olio (dapprima, lungo le principali direttrici di comunicazioni e, quindi, negli spazi interstiziali tra tali direttrici);
- b. rarefazione, in termini di popolazione e di posti di lavoro, delle aree più marginali rispetto a quella della conurbazione torinese.

Nell'analisi qui condotta, e sviluppata più ampiamente in Bertuglia ed altri (1983c), viene delineato un quadro di riferimento, semplificatorio, che consente di cogliere le implicazioni spaziali e le dinamiche temporali del processo di crescita sopra indicato. Tale quadro di riferimento si richiama ai concetti di "città aperta", "città in transizione" e "città chiusa" utilizzati da Papageorgiou (1983) nell'interpretare il processo di urbanizzazione. Essi caratterizzano le fasi di sviluppo di un sistema urbano ideale (costituito da una città e dal suo hinterland) nel quale:

- a. inizialmente, a seguito dell'immigrazione indotta dal decollo economico della città, si produce un innalzamento dei valori del suolo e delle densità urbane (città aperta);
- b. successivamente, l'immigrazione nella città tende a diminuire e la utilità comincia ad aumentare; parallelamente, i valori del suolo e le densità urbane, pur continuando a crescere in tutta la città, cominciano ad aumentare anche nelle aree periferiche della città (città in transizione, fase iniziale). Oltre un certo stadio dello sviluppo socioeconomico della città, i valori del suolo e le densità nel centro della città cominciano a decrescere, mentre l'u

tilità e la popolazione urbana continuano ad aumentare. Questo è probabilmente il periodo di più intensa suburbanizzazione (città in transizione, fase finale);

- c. infine, l'immigrazione si arresta, mentre l'utilità continua ad aumentare ed il processo di suburbanizzazione continua (città chiusa).

Posto quanto precede, l'evoluzione del sistema urbano di Torino può considerarsi articolata secondo fasi di sviluppo del tipo sopramenzionato. I periodi temporali delle fasi qui considerati sono indicativi e servono, soltanto, a collocare nel tempo il processo di sviluppo del sistema urbano di Torino. La semplificazione introdotta è conseguenza, fondamentalmente, delle fonti di dati (i censimenti), cui si è fatto particolare riferimento.

Prima fase: sistema aperto (1951-1960)

Si produce il decollo economico ed ha inizio la crescita demografica del sistema. Ad un certo stadio dello sviluppo del sistema, la rapida crescita nei settori propulsori del sistema (industrie manifatturiere) innesca una elevata dinamica immigratoria (dall'esterno dell'area e dalle zone interne più marginali dell'area stessa) (cfr.: figg. 5.3 - 5.6).

Dalla città di Torino, ove si concentrano, in termini assoluti, i maggiori incrementi di posti di lavoro e di popolazione (nonché di abitazioni), la crescita socioeconomica dà luogo al processo di espansione spaziale verso l'esterno, investendo, in questa fase, sopra tutto la prima corona ed interessando due principali direttrici di fuoriuscita dalla città, quella sud-ovest e quella nord-est (cfr.: figg. 7a e 7b) - lungo le quali, nella città, vengono create due grandi concentrazio-

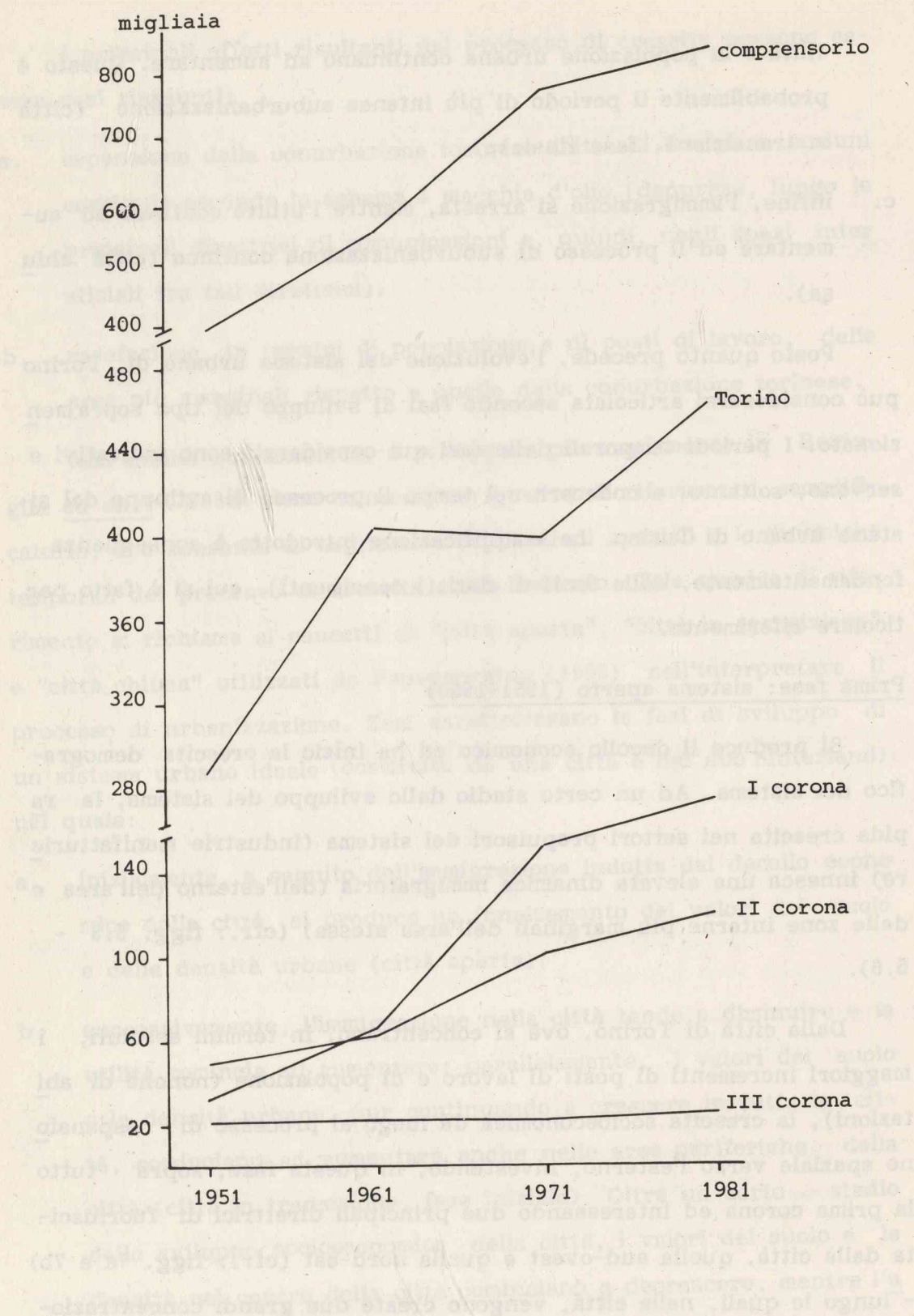


Figura 5.3 Addetti totali nel comprensorio, nella città di Torino e nelle tre corone al 1951, 1961, 1971, 1981 (valori assoluti)

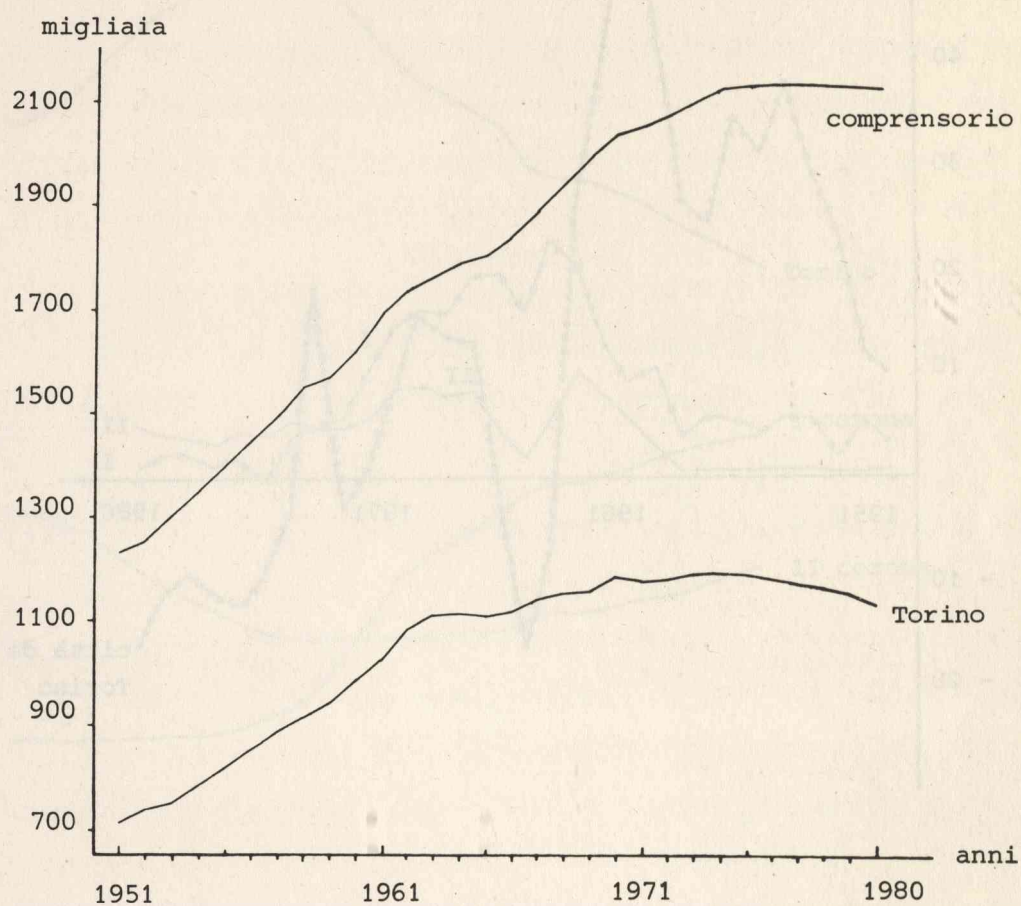


Figura 5.4 Dinamica della popolazione nel comprensorio e nella città di Torino (valori assoluti)

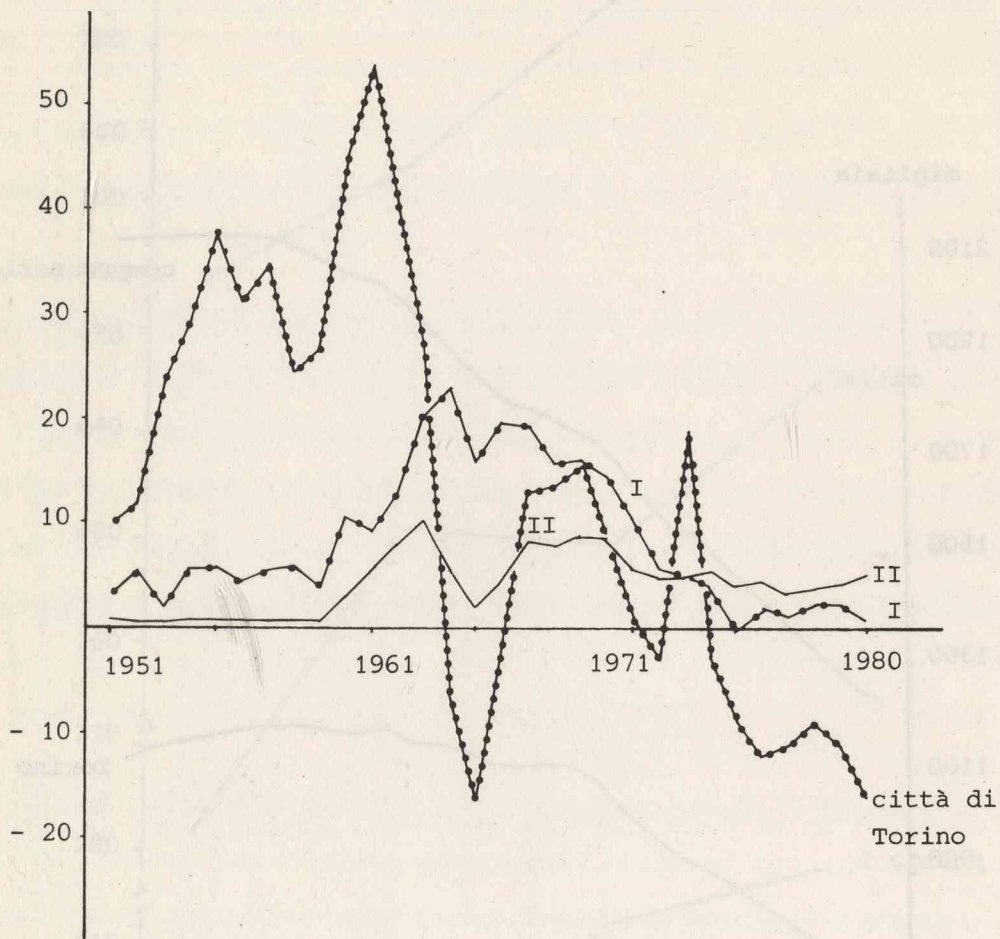


Figura 5.5 Dinamica del saldo migratorio nella città di Torino e nelle prime due corone (valori assoluti) (*)

(*) La terza corona ha saldo migratorio sempre pressoché nullo; pertanto, esso non viene rappresentato in figura.

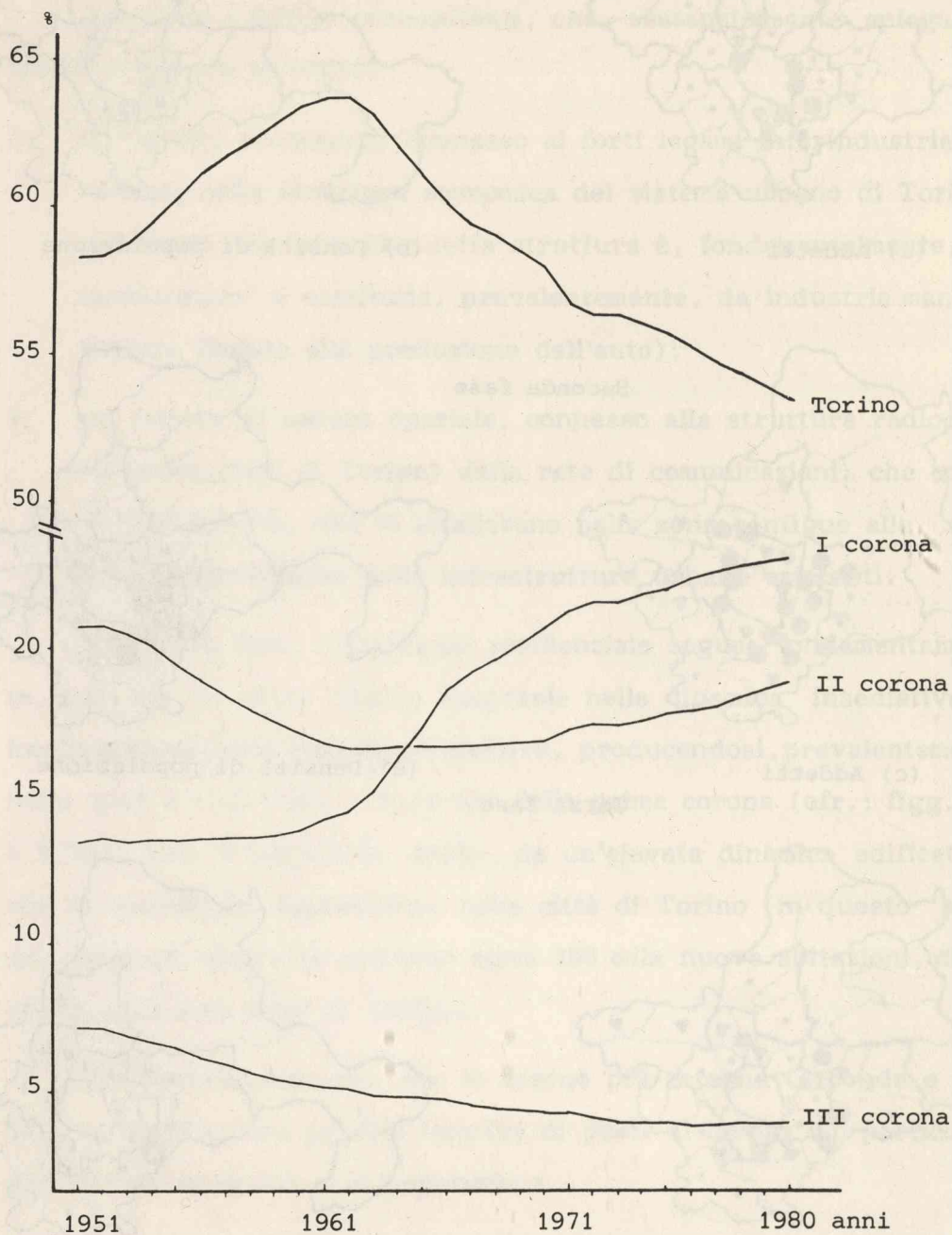
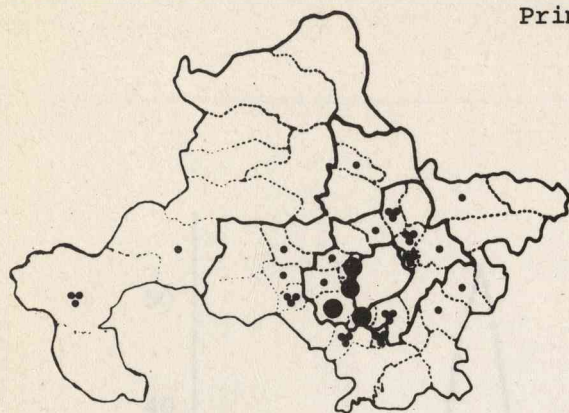
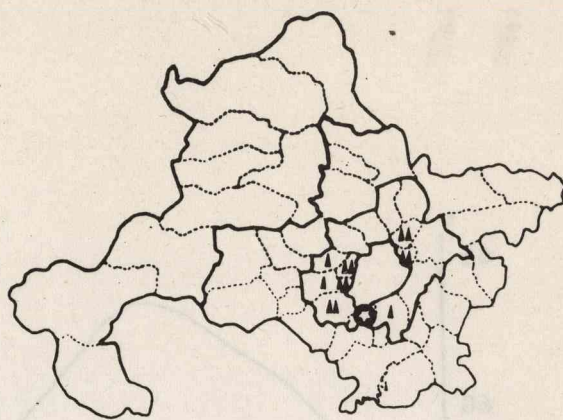


Figura 5.6 Dinamica della popolazione nella città di Torino e nelle tre corone (valori percentuali sul totale della popolazione del comprensorio)

Prima fase

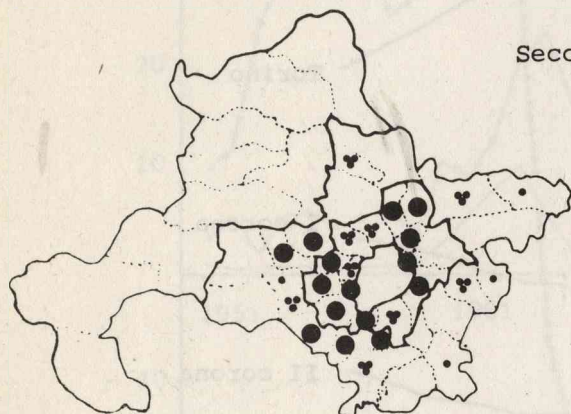


(a) Addetti

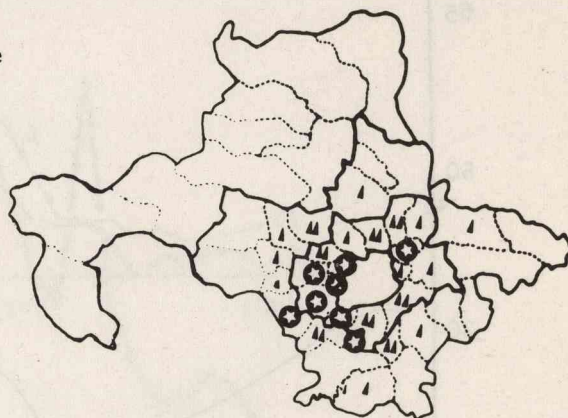


(b) Densità di popolazione

Seconda fase

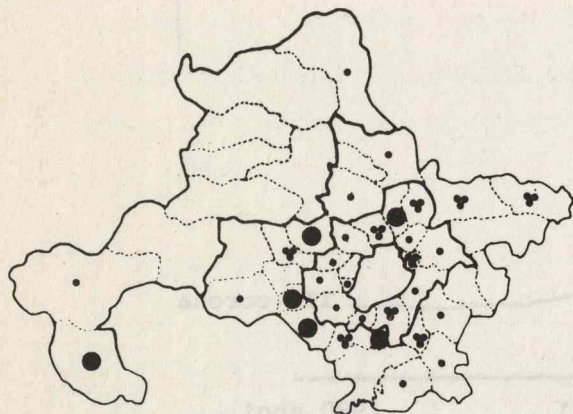


(c) Addetti

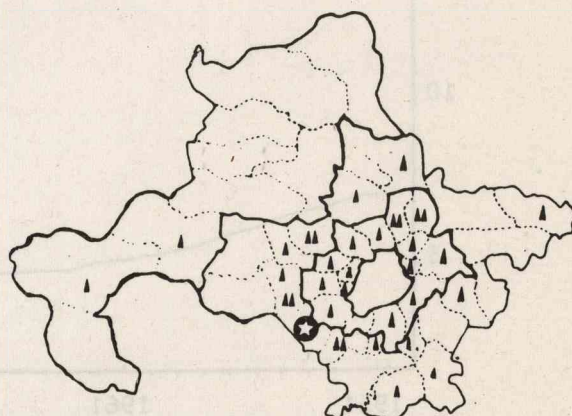


(d) Densità di popolazione

Terza fase



(e) Addetti



(f) Densità di popolazione

Figura 5.7 Incrementi percentuali degli addetti (espressi in valori percentuali) e delle densità di popolazione (valori ponderati) nell'area di studio durante le tre fasi di sviluppo. Le figure evidenziano la velocità di variazione di questi fenomeni

Addetti	Densità di Popolazione	
.	▲	0-20%
••	▲▲	21%-50%
●	★	>50%

trazioni di nuovi posti di lavoro industriali -.

Due sono i fattori concomitanti, che, sostanzialmente, spiegano la scelta di queste direttrici:

1. un fattore economico, connesso ai forti legami interindustriali, e esistenti nella struttura economica del sistema urbano di Torino e rafforzati dal fatto che detta struttura è, fondamentalmente, "monosettoriale" e costituita, prevalentemente, da industrie manifatturiere (legate alla produzione dell'auto);
2. un fattore di natura spaziale, connesso alla struttura radiocentrica (sulla città di Torino) della rete di comunicazioni, che consente alle attività, che si localizzano nelle zone contigue alla città, l'immediato utilizzo delle infrastrutture urbane esistenti.

In questa fase, lo sviluppo residenziale segue, fondamentalmente, pur con un certo ritardo temporale nella dinamica insediativa, la localizzazione delle attività produttive, producendosi, prevalentemente, nelle zone a sud-ovest e nord-est della prima corona (cfr.: figg. 5.7a e 5.7b). Esso è sostenuto, anche, da un'elevata dinamica edificatoria, che si concentra, soprattutto, nella città di Torino (in questo periodo, vengono costruite nell'area circa 160 mila nuove abitazioni, di cui il 78% nella sola città di Torino).

Contemporaneamente, per le corone più esterne (seconda e terza), si verifica una perdita relativa di posti di lavoro (in particolare, nel settore agricolo) e di popolazione.

Seconda fase: sistema in transizione (1961-1970)

Lo sviluppo socioeconomico del sistema innesca processi molto rapidi e caotici di urbanizzazione e di suburbanizzazione.

In questa fase, l'elevata crescita economica del sistema si estende dalla città, dapprima, alla prima corona, per investire, successivamente, anche la seconda corona. La dinamica immigratoria nel sistema tende a stabilizzarsi; più precisamente, mentre nella città tende progressivamente ad attenuarsi, essa si accentua nella prima corona e comincia ad interessare, anche, la seconda corona (cfr.: figg. 5.3 e 5.5).

Parallelamente, il processo di urbanizzazione diventa molto intenso, anche in relazione all'elevata dinamica edificatoria favorita da un controllo non incisivo sull'uso del suolo (in questo periodo vengono costruite nell'area circa 200 mila abitazioni - circa il 24% in più rispetto alla fase precedente - delle quali oltre il 60% nelle prime due corone).

La dinamica localizzativa dell'industria è quella che, in questa fase, ha un ruolo predominante nel determinare le caratteristiche e le modalità dello sviluppo spaziale, sia agendo direttamente sulla strutturazione dell'uso del suolo, sia inducendo, pressoché contemporaneamente, la crescita residenziale (cioè, di popolazione e di abitazioni) ed orientandone il comportamento localizzativo (cfr.: figg. 5.7c e 5.7d).

Il suddetto processo può essere descritto secondo il seguente schema, che ne esprime anche, tendenzialmente, la successione temporale (cfr.: IRES, 1966):

1. concentrazione industriale nei centri maggiori della prima corona (e, successivamente, in quelli della seconda corona). Ciò in conseguenza, anche, di processi di rilocalizzazione di posti di lavoro dalla città di Torino dovuti sia alla progressiva saturazione delle aree disponibili all'interno della città di Torino ed all'au-

mento dei prezzi delle stesse (che rende più conveniente una loro trasformazione d'uso), sia dovuti al maggiore sviluppo dei trasporti su gomma (rispetto a quelli su rotaia), che consente una più libera ubicazione delle industrie sul territorio;

2. sviluppo economico e conseguente crescita di popolazione e di abitazioni nei centri della prima corona (e, successivamente, in quelli della seconda); irradiazione dello sviluppo nelle aree circostanti i centri, come processo di ampliamento e di riorganizzazione interna dei centri a seguito dell'espansione socioeconomica;
3. diffusione dello sviluppo socioeconomico, tendenzialmente, lungo le principali vie di comunicazione, e conseguente formazione di assi di conurbazione fuoriuscenti dai centri, successivo congiungimento tra la città ed i poli della prima corona (e, poi, tra i poli della prima e quelli della seconda corona); saturazione, quindi, degli spazi liberi compresi tra gli assi di conurbazione.

Terza fase: sistema chiuso (1971-1980)

Lo sviluppo socioeconomico del sistema rallenta, inducendo, parallelamente, il rallentamento del processo di urbanizzazione, mentre continua, seppure lentamente, il processo di suburbanizzazione.

La crescita economica del sistema si produce in settori economici diversi da quelli che, nelle fasi precedenti, erano stati i settori propulsori della crescita economica del sistema (cioè, le industrie manifatturiere), verificandosi, prevalentemente, nei settori terziari. In particolare, la crescita economica nella città tende ad indebolirsi (e, comunque, a verificarsi esclusivamente nel terziario), interessando, in misura maggiore rispetto alla precedente fase di sviluppo, la seconda

corona (cfr.: figg. 5.3 e 5.7e). Contemporaneamente, la dinamica immigratoria tende ad annullarsi (diventando negativa nella città e rimanendo positiva nella prima e nella seconda corona, cfr.: fig. 5.5) e la dinamica naturale subisce una sostanziale flessione.

Complessivamente, la crescita di popolazione interessa ancora le zone della prima corona e, in misura maggiore rispetto alla fase precedente, quelle della seconda corona. Contemporaneamente, sembra arrestarsi il declino delle zone della terza corona, e ciò quando il peso socio-demografico della città di Torino tende ad indebolirsi (cfr.: figg. 5.3, 5.6 e 5.7f).

Questa fase quindi risulta caratterizzata da un profondo e complesso processo di trasformazione (terziarizzazione) della struttura economica del sistema, le cui implicazioni sulla struttura socioeconomica della popolazione e sulla struttura spaziale del sistema stesso non sono state ancora completamente investigate. Va comunque tenuto presente che il processo di terziarizzazione della struttura economica del sistema urbano di Torino è stato, in certa misura, condizionato dagli effetti negativi prodotti dalla scarsa diversificazione settoriale e dalla disordinata crescita socioeconomica della precedente fase di sviluppo (cfr.: Sanlorenzo, 1976). In particolare, nonostante il forte incremento occupazionale di questi ultimi anni, il terziario superiore risulterebbe, rispetto alla dimensione metropolitana raggiunta dalla conurbazione torinese (città di Torino e comuni contermini), relativamente poco sviluppato, sicché la città di Torino, confrontata ad altre città italiane di dimensioni analoghe, non sembra possedere una particolare connotazione terziaria (cfr.: Regione Piemonte, 1979b, 1980, IRES, 1980).

Ciò che, comunque, è riconoscibile in questa fase, è il progressivo

venir meno del processo di urbanizzazione, mentre permane il fenomeno di suburbanizzazione, il quale, diversamente dalla fase precedente, appare connotarsi come un processo di diffusione spaziale delle attività dalla città verso l'area esterna alla città.

Anche l'attività edificatoria - che interessa prevalentemente le zone esterne alla città - subisce, nel periodo considerato, un graduale contenimento (nell'area, vengono prodotti circa 20 mila nuovi alloggi a fronte dei 200 mila del periodo precedente). Ciò è conseguenza, in larga misura, sia dell'introduzione di nuove disposizioni legislative relative alle modalità di affitto delle abitazioni ed alla regolamentazione del relativo prezzo - che hanno creato un sostanziale irrigidimento dell'offerta creando le condizioni per la formazione di un "mercato nero" (cfr.: Bertuglia ed altri, 1979) - sia di un controllo più rigoroso sugli usi del suolo.

Si manifestano in questa fase, gli effetti negativi conseguenti allo sviluppo caotico e disordinato delle precedenti fasi:

- i. insufficienza di servizi nelle città ed in certe aree periferiche, per quanto riguarda il tipo di servizio offerto (servizi rivolti alla popolazione) e la loro distribuzione spaziale;
- ii. carenza di abitazioni, in particolare nella prima corona, connessa ad un inasprimento del divario tra domanda ed offerta ed al deterioramento delle condizioni dello stock abitativo esistente (obsolescenza fisica e funzionale);
- iii. congestione del traffico, dovuta all'inefficienza del sistema radiale di comunicazioni, e conseguente riduzione dell'accessibilità per le zone più periferiche dell'area;
- iv. compromissione dei suoli in particolare nelle aree investite dall'espansione spaziale a 'macchia d'olio'.

6. SCENARI DI RIFERIMENTO E POLITICHE DI INTERVENTO

6.1. Introduzione

In questo capitolo si descrivono, rispettivamente in 6.2. ed in 6.3., gli scenari socioeconomici di riferimento assunti negli esperimenti di simulazione e le politiche sondate in detti esperimenti.

Per quanto riguarda gli scenari, va tenuto presente che, in qualunque applicazione modellistica, la definizione di scenari di riferimento è operazione sempre necessaria. In questi esperimenti, in particolare, l'analisi e la valutazione degli effetti dell'impatto di una politica (più in generale, di un ventaglio di politiche) richiedono la considerazione di uno scenario, all'interno del quale collocare tale politica, il quale, inoltre, deve superare, convenientemente, l'epoca di introduzione dell'intervento trattato. Poiché non si può escludere che gli effetti dell'impatto variino con lo scenario, ove non si sia in grado di definire un unico scenario altamente probabile, è opportuno considerare un certo numero di scenari, in modo da delimitare l'arco degli scenari possibili. L'analisi e la valutazione degli effetti dell'impatto, al passare da uno scenario all'altro fra quelli assunti, permette di individuare la variazione degli effetti al variare dello scenario e, in particolare, permette di individuare, in primo luogo, gli effetti che, al variare dello scenario, persistono (e che sono quelli che, con elevata probabilità, si produrranno) e, in secondo luogo, quegli elementi di "criticalità" che agli effetti suddetti possono accompagnarsi. Da qui consegue che, in generale, non solo è necessario fare riferimento ad uno scenario, ma spesso è utile fare riferimento a più scenari, anzi ad un ventaglio di scenari possibili.

Sono stati costruiti, quindi, tre scenari, tutti riferiti al periodo di tempo che va dall'epoca 1981 all'epoca 2000: il primo rappresenta la

evoluzione, in qualche modo, più probabile del sistema urbano di Torino (tale scenario si indicherà, nel seguito, come scenario A) e gli altri due indicano, rispetto al primo, una situazione di declino ed una situazione di crescita del sistema (tali scenari si indicheranno nel seguito, rispettivamente, come scenario B e scenario C) (cfr.: Bertuglia ed altri, 1984c, 1984e, 1985).

Per quanto riguarda le politiche sondate, va detto che queste sono state individuate sulla base degli interventi elencati nel PPIS - Programma Pluriennale di Intervento e di Spesa del Comprensorio di Torino (cfr.: Comprensorio di Torino, 1983), con la collaborazione dei tecnici del Comprensorio stesso. L'operazione di definizione e quantificazione delle politiche introdotte nel modello è stata condotta dall'IRES.

6.2. Scenari socioeconomici di riferimento

I tre scenari di possibile evoluzione socioeconomica del sistema urbano di Torino, individuano l'arco delle alternative che, ragionevolmente, possono darsi. Il primo dei tre scenari è detto di evoluzione più probabile (scenario A) ed identifica, in un certo qual modo, la traiettoria di evoluzione "centrale" fra le traiettorie di tutti i possibili scenari alternativi. Il secondo è detto scenario di declino (scenario B) ed identifica la traiettoria di evoluzione che delimita l'estremo inferiore dell'arco degli scenari alternativi, mentre il terzo, detto scenario di crescita (scenario C), ne delimita l'estremo superiore.

Fra le due traiettorie estreme suddette, un elevato numero di traiettorie può prodursi a seconda delle ipotesi assunte in ordine alla

popolazione, ai posti di lavoro ed alle abitazioni. Dette grandezze e, precisamente, i tassi di variazioni ad esse relativi (cfr.: 3.3.), sono infatti, le principali variabili attraverso le quali i diversi scenari vengono definiti.

I tre scenari considerati possono essere illustrati come di seguito brevemente esposto, mentre per un'esposizione dettagliata dello schema di ragionamento seguito per la quantificazione di detti scenari, si rinvia a Bertuglia ed altri (1985).

a. Scenario di evoluzione più probabile (scenario A).

Questo scenario rappresenta la continuazione della tendenza osservata nel periodo 1971-1981, nell'ipotesi che, rispetto a detto periodo, il sistema rimanga sostanzialmente stabile - ossia, non subisca delle modificazioni troppo profonde o, quanto meno, non risenta direttamente delle trasformazioni e/o delle crisi che al di fuori del sistema stesso possono verificarsi (trasformazioni tecnologiche, crisi dell'industria ecc.) -. Confrontato con la situazione relativa al 1981, questo scenario risulta caratterizzato da (cfr.: tabb. 6.1 - 6.3):

- una sostanziale invarianza del livello dei posti di lavoro (+0,4% rispetto al 1981), determinata da uno sviluppo dell'occupazione terziaria (di livello sia superiore sia inferiore), e da una riduzione dell'occupazione di base (nell'agricoltura e nell'industria);
- una sostanziale invarianza del livello di popolazione (+0,3% rispetto al 1981) (con un saldo naturale negativo ed un saldo migratorio appena superiore al valore nullo);

Scenari per il sistema complessivo	(a) Tasso di natalità (*)	(b) Tasso di mortalità (*)	(c) Saldo migratorio (*)	(d) Tasso di occupaz. (**)	Popolazione	POSTI DI LAVORO						Abitazioni
						Totale	Agricoltura	Industria	Costruzioni	Terziario superiore	Terziario inferiore	
1971	16,3‰	9,0‰	- 8.229	39,3%	2.054.308	807.911	29.959	449.831	48.965	170.313	108.843	754.845
1981	9,6‰	9,2‰	- 13.308	40,7%	2.110.553	858.817	25.916	404.128	43.151	260.046	125.576	880.267
	variazione 1981-1971 (v. a.)		(v. a.)		+ 56.245	+ 50.906	- 4.043	- 45.703	- 5.814	+ 89.733	+ 16.727	+ 125.422
	variazione 1981-1971 (v. p.)		(v. p.)		+ 2,7	+ 6,3	- 13,5	- 10,2	- 11,9	+ 52,7	+ 15,4	+ 16,6
Scenario A	(a)	(b)	(c)	(d)								
evoluzione più probabile	9,0‰	9,2‰	+ 63	41,0%	2.103.758	861.967	22.010	367.768	42.773	289.566	139.850	912.001
	variazione 2000-1981 (v. a.)		(v. a.)		- 6.795	+ 3.170	- 3.906	- 36.360	- 378	+ 29.520	+ 14.274	+ 31.734
	variazione 2000-1981 (v. p.)		(v. p.)		- 0,32	+ 0,4	- 15,1	- 9,0	- 0,9	+ 11,4	+ 11,4	+ 3,6
Scenario B	(a)	(b)	(c)	(d)								
declino	8,9‰	9,3‰	- 1.679	38,1%	2.062.975	787.013	23.576	335.060	42.755	260.046	125.576	887.467
	variazione 2000-1981 (v. a.)		(v. a.)		- 47.578	- 71.804	- 2.340	- 69.068	- 396	/	/	+ 7.200
	variazione 2000-1981 (v. p.)		(v. p.)		- 2,3	- 8,4	- 9,8	- 17,1	- 0,9	/	/	+ 0,8
Scenario C	(a)	(b)	(c)	(d)								
crescita	9,1‰	9,2‰	+ 3.417	41,0%	2.179.631	893.251	21.920	367.768	42.473	311.526	149.264	927.067
	variazione 2000-1981 (v. a.)		(v. a.)		+ 69.078	+ 4.434	- 3.996	- 36.360	- 378	+ 51.480	+ 23.688	+ 46.800
	variazione 2000-1981 (v. p.)		(v. p.)		+ 3,3	+ 4,0	- 15,1	- 9,0	- 0,9	+ 19,8	+ 19,8	+ 5,3

Tabella 6.1 Quadro riassuntivo delle previsioni socioeconomiche nei tre scenari, per il sistema nel suo complesso

(*) Negli scenari tali valori sono da considerarsi come valori medi annui.

(**) Trattasi di un tasso particolare dato dal rapporto tra i posti di lavoro totali e la popolazione totale del sistema.

Scenari per la città di Torino	POSTI DI LAVORO							Abitazioni
	Totale	Agricoltura	Industria	Costruzioni	Terziario superiore	Terziario inferiore		
1971	502.437	1.181	262.324	29.201	133.140	76.591	425.434	
1981	494.467	4.173	202.516	21.467	183.926	82.385	446.088	
variazione 1981-1971 (v. a.)	- 7.970	+ 2.992	- 59.808	- 7.734	+ 50.786	+ 5.794	+ 20.654	
variazione 1981-1971 (v. p.)	- 1,6	+ 253,3	- 22,8	- 26,5	+ 38,1	+ 7,6	+ 4,8	
Scenario A	493.459	4.173	184.300	19.145	200.486	85.355	450.480	
variazione 2000-1981 (v. a.)	- 1.008	/	- 18.216	- 2.322	+ 16.560	+ 2.970	+ 4.392	
variazione 2000-1981 (v. p.)	- 0,2	/	- 9,0	- 10,8	+ 9,0	+ 3,6	+ 1,0	
Scenario B	452.995	4.173	162.016	20.495	183.926	82.385	447.888	
variazione 2000-1981 (v. a.)	- 41.472	/	- 40.500	- 972	/	/	+ 1.800	
variazione 2000-1981 (v. p.)	- 8,4	/	- 20,0	- 4,5	/	/	+ 0,4	
Scenario C	518.029	4.173	184.300	19.145	217.226	93.185	452.388	
variazione 2000-1981 (v. a.)	+ 23.562	/	- 18.216	- 2.322	+ 33.300	+ 10.800	+ 6.300	
variazione 2000-1981 (v. p.)	+ 4,8	/	- 9,0	- 10,8	+ 18,1	+ 13,1	+ 1,4	

Tabella 6.2 Quadro riassuntivo delle previsioni socioeconomiche nei tre scenari, per la città di Torino

Scenari per il resto del sistema	POSTI DI LAVORO						Abitazioni
	Totale	Agricoltura	Industria	Costruzioni	Terziario superiore	Terziario inferiore	
1971	305.477	28.778	187.507	19.764	37.173	32.252	329.411
1981	364.350	21.743	201.612	21.684	76.120	43.191	434.179
variazione 1981-1971 (v. a.)	+ 58.873	- 7.035	- 14.105	+ 1.920	+ 38.847	+ 10.939	+ 104.747
variazione 1981-1971 (v. p.)	+ 19,3	- 24,4	- 7,5	+ 9,7	+ 104,8	+ 33,9	+ 31,8
Scenario A	368.508	17.837	183.468	23.628	89.080	54.495	461.521
variazione 2000-1981 (v. a.)	+ 4.158	- 3.906	- 18.144	+ 1.944	+ 12.960	+ 11.304	+ 27.342
variazion 2000-1981 (v. p.)	+ 1,1	- 18,0	- 9,0	+ 9,0	+ 17,0	+ 26,2	+ 6,3
Scenario B	334.018	19.403	173.044	22.260	76.120	43.191	439.579
variazione 2000-1981 (v. a.)	- 30.332	- 2.340	- 28.568	+ 576	/	/	+ 5.400
variazione 2000-1981 (v. p.)	- 8,3	- 10,8	- 14,2	+ 2,7	/	/	+ 1,3
Scenario C	375.222	17.747	183.468	23.628	94.300	56.079	474.679
variazione 2000-1981 (v. a.)	+ 10.872	- 3.996	- 18.144	+ 1.944	+ 18.180	+ 12.888	+ 40.500
variazione 2000-1981 (v. p.)	+ 3,0	- 18,4	- 0,9	+ 0,9	+ 23,9	+ 29,8	+ 9,3

Tabella 6.3 Quadro riassuntivo delle previsioni socioeconomiche nei tre scenari, per il resto del sistema (area esterna alla città di Torino)

- un tasso di occupazione (rapporto tra posti di lavoro e popolazione del sistema) lievemente superiore a quello del 1981 (41,0% rispetto al 40,7% del 1981), nell'ipotesi di un consolidamento dell'attuale livello occupazionale;
- un incremento di abitazioni (+3,6% rispetto al 1981) relativamente più elevato della variazione (positiva) di popolazione, nell'ipotesi che la dinamica edificatoria risenta, sopra tutto, del proprio andamento (positivo) del periodo 1971-1981.

b. Scenario di declino (scenario B).

Rispetto al precedente scenario A, questo scenario rappresenta una situazione di involuzione del sistema, caratterizzata da un calo di popolazione e di posti di lavoro. Precisamente (cfr.: tabb. 6.1-6.3):

- i posti di lavoro diminuiscono (-8,4% rispetto al 1981) e tale diminuzione si produce esclusivamente nei settori di base, mentre l'occupazione nei settori terziari rimane stazionaria (ossia, non subisce nessuna variazione rispetto al 1981);
- la popolazione diminuisce (-2,3% rispetto al 1981) ed a tale diminuzione concorrono un saldo naturale ed un saldo migratorio entrambi negativi;
- il tasso di occupazione si contrae (38,1% rispetto al 40,7% del 1981), nell'ipotesi che, in una situazione di generale declino del sistema, anche la relazione che lega i posti di lavoro e la popolazione debba coerentemente modificarsi;
- il livello di abitazioni presenta un lieve incremento, che, presumibilmente, può verificarsi anche in una situazione di generale declino.

c. Scenario di crescita (scenario C).

Rispetto allo scenario A, questo scenario rappresenta una situazione di sviluppo del sistema, caratterizzata da una crescita di popolazione, di posti di lavoro e di abitazioni. Precisamente (cfr.: tabb. 6.1-6.3):

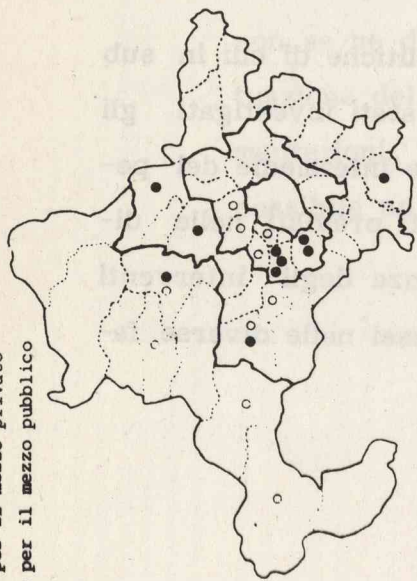
- rispetto al 1981, i posti di lavoro e la popolazione aumentano, rispettivamente, del 4,0% e del 3,3%. Analogamente allo scenario A, la crescita occupazionale si produce esclusivamente nei settori terziari (pur in presenza di un decremento occupazionale nei settori di base di entità uguale a quella dello scenario A). L'incremento di popolazione risulta determinato da un saldo positivo del fenomeno migratorio, nell'ipotesi che una situazione di sviluppo del sistema implichi l'innescarsi di un qualche processo di immigrazione (i tassi demografici sono analoghi a quelli dello scenario A). Nondimeno, in questo scenario il tasso di occupazione del sistema rimane quello assunto nello scenario A (41,0%), ritenendo che, anche in presenza di una generale crescita socioeconomica, un ulteriore incremento di detto tasso non possa, ragionevolmente, prodursi;
- la crescita delle abitazioni (+5,3% rispetto al 1981), pur superiore a quella assunta nello scenario A (+3,6% rispetto al 1981), non se ne discosta significativamente, in quanto sia l'attuale situazione del mercato delle abitazioni sia i controlli e le regolamentazioni, oggi in atto nel sistema, non ne fanno ritenere possibile un incremento più elevato.

6.3. Le politiche sondate

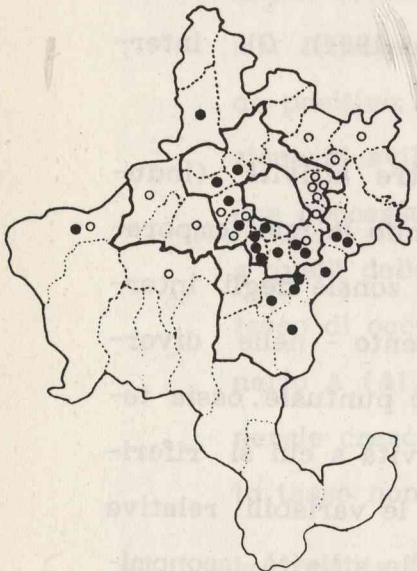
Per tutti gli scenari illustrati in 6.2. sono stati investigati i seguenti insiemi di politiche:

- a. quello delle politiche di trasporto, con riferimento al quale sono stati sondati all'epoca 2000 gli effetti degli interventi previsti nelle diverse fasi temporali e precisamente: 1. assenza di interventi (matrici dei tempi di spostamento T_{ij}^V al 1981); 2. interventi al 1985 (matrici dei tempi al 1981 aggiornate al 1985); 3. interventi al 1985 ed al 1988 (matrici dei tempi al 1981 aggiornate al 1985 ed al 1988); 4. interventi al 1985, al 1988 ed al 1991 (matrici dei tempi al 1981 aggiornate al 1985, al 1988 ed al 1991). Gli interventi suddetti sono sintetizzati nella fig. 6.1.;
- b. quello delle politiche di localizzazione delle altre attività (industriali, residenziali, terziarie) articolato secondo le fasi temporali di realizzazione del piano. La distribuzione zonale degli interventi è mostrata in fig. 6.2.. Ciascun intervento - nelle diverse fasi - viene introdotto nel modello in modo puntuale, ossia tenendo conto in modo esplicito del tipo di attività a cui si riferisce e della zona in cui è situato, ciò tramite le variabili relative alle politiche in ciascuno dei sottomodelli, delle attività economiche di base, dei servizi e delle abitazioni, cfr.: 3.3.;
- c. quello che deriva dalla combinazione delle politiche di cui in sub a. e sub b.. In questo caso, dunque, sono stati investigati gli effetti, all'epoca 2000 (nonché a certe epoche intermedie del periodo 1981-2000) degli interventi nei trasporti previsti nelle diverse fasi temporali in assenza ed in presenza degli interventi per gli altri settori urbani (introdotti anch'essi nelle diverse fa-

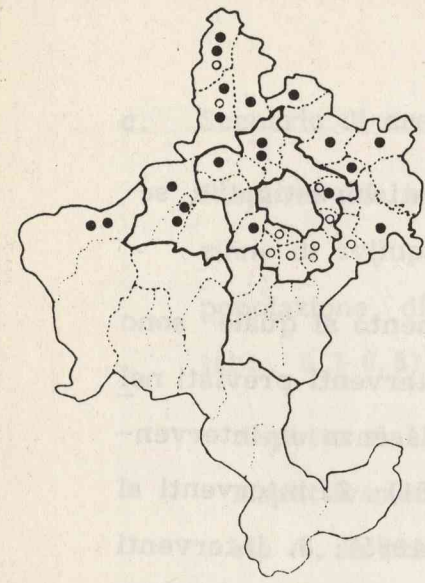
Interventi per il mezzo privato
Interventi per il mezzo pubblico



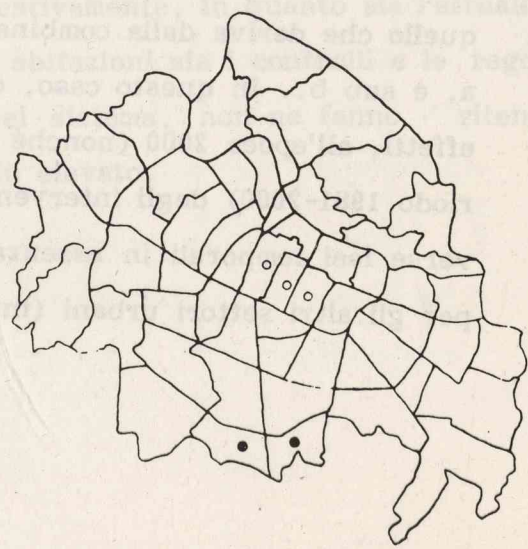
Resto del sistema urbano



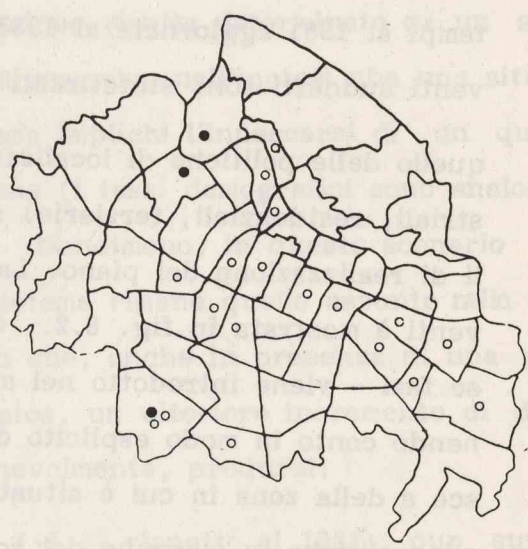
Resto del sistema urbano



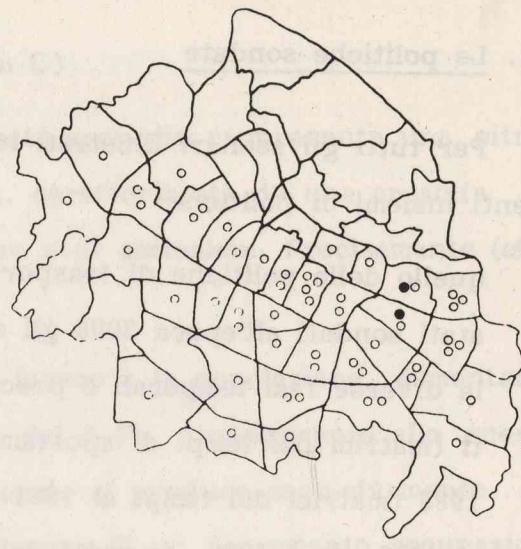
Resto del sistema urbano



Città di Torino



Città di Torino

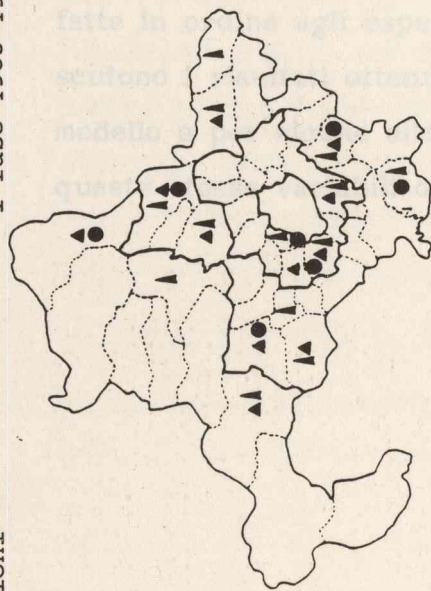


Città di Torino

Figura 6.1 Zone dell'area di studio interessate dagli interventi nei trasporti nelle diverse fasi tem-
porali

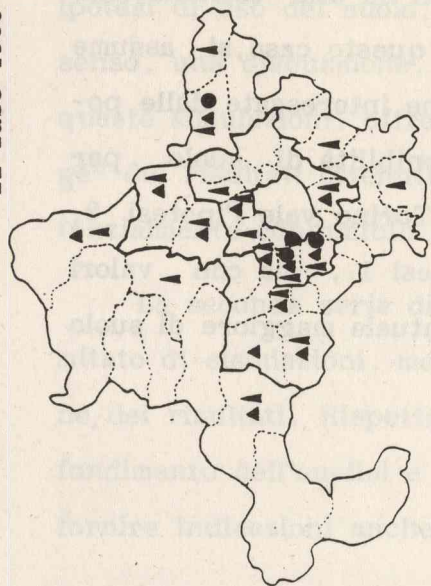
- ▲ Posti di lavoro nell'industria
- Posti di lavoro nel terziario
- ▲ Abitazioni

I fase 1983-1985



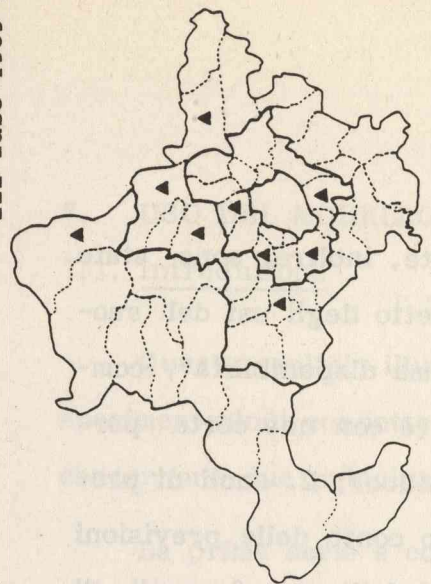
Resto del sistema urbano

II fase 1986-1988

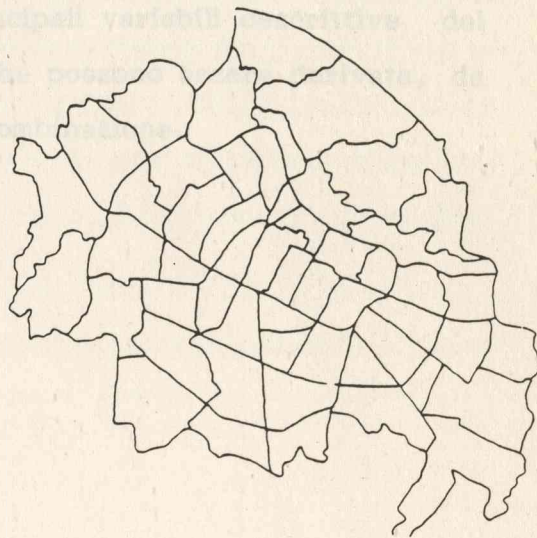


Resto del sistema urbano

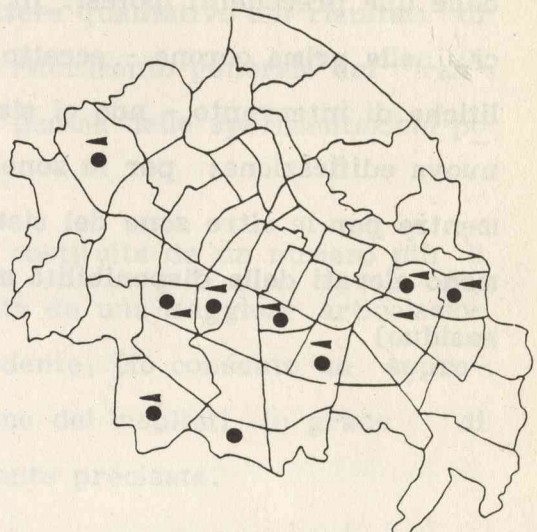
III fase 1989-1991



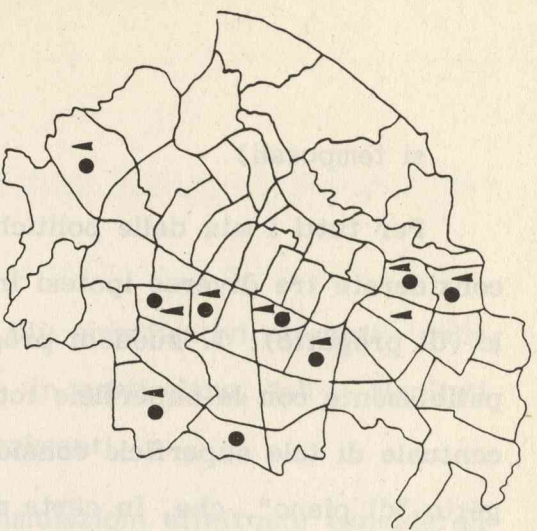
Resto del sistema urbano



Città di Torino



Città di Torino



Città di Torino

Figura 6.2 Zone dell'area di studio interessate da interventi nell'industria, nel terziario (superiore) e nelle abitazioni nelle diverse fasi temporali

si temporali).

Per tutti i mix delle politiche sopra indicate, inoltre, sono state considerate tre diverse ipotesi in ordine all'assetto degli usi del suolo (di progetto): 1. suoli di progetto di "massima disponibilità", compatibilmente con la superficie totale delle zone (e con una certa percentuale di tale superficie considerata come residuo); 2. suoli di progetto "di piano", che, in certa misura, tengono conto delle previsioni di suolo stabilite dai piani regolatori dei comuni dell'area; 3. suoli di progetto "di parziale disponibilità", determinati da una combinazione delle due precedenti ipotesi. In particolare, in questo caso, si assume che nella prima corona - eccetto che per le zone interessate dalle politiche di intervento - non ci sia nessuna disponibilità di suolo per nuova edificazione; per le zone della città di Torino vale l'ipotesi 2, mentre per le altre zone del sistema vale l'ipotesi 1., ma con valori meno elevati della disponibilità massima (percentuale maggiore di suolo residuo).

7. USO DEL MODELLO

7.1. Introduzione

Questo capitolo illustra i risultati più significativi ottenuti dalle sperimentazioni condotte con il modello. In particolare, tali risultati concernono due principali serie di esperimenti.

La prima serie è costituita dalle simulazioni effettuate considerando, per ciascuno scenario, tutti i mix delle politiche, per le diverse ipotesi di uso del suolo, precedentemente indicate in 6.3.. In questo senso, una discussione, anche di carattere qualitativo dei risultati di queste simulazioni, offre un quadro di riferimento generale del "range" dei risultati ottenuti (nonché della gamma delle sperimentazioni potenzialmente conducibili con il modello).

La seconda serie di esperimenti è costituita da un numero più limitato di simulazioni, ma è caratterizzata da una maggiore articolazione dei risultati. Rispetto al caso precedente, ciò consente un approfondimento dell'analisi e della discussione dei risultati in grado di fornire indicazioni anche quantitativamente precisate.

Il capitolo è organizzato come segue. In 7.2. si descrivono le configurazioni delle due serie di esperimenti effettuati e le assunzioni fatte in ordine agli esperimenti stessi. In 7.3., si presentano e si discutono i risultati ottenuti, per le principali variabili descrittive del modello e per alcune altre grandezze che possono essere derivate, da queste stesse variabili o da una loro combinazione.

7.2. Configurazione degli esperimenti

Le due serie di esperimenti sono state definite come di seguito e sposto.

Nella prima serie, che nel seguito verrà anche indicata come "serie complessiva delle sperimentazioni", sono stati simulati, per ciascuno scenario, tutti i diversi mix delle politiche, secondo le tre ipotesi di uso del suolo (di progetto) assunte. La serie complessiva delle sperimentazioni comprende dunque 72 esperimenti di simulazione del modello. Precisamente, tale numero è determinato dal prodotto dei 3 scenari per le 4 fasi temporali relative alle politiche di trasporto, per le 2 possibilità - assenza o presenza - delle politiche localizzative per le altre attività, per le 3 ipotesi di uso del suolo.

In questa serie di esperimenti gli interventi in ordine all'industria, al terziario ed alle residenze non sono stati introdotti nelle diverse fasi temporali, bensì si è fatta l'ipotesi che essi fossero attivi sin dall'epoca iniziale delle simulazioni (1981). Pur sapendo che questa assunzione rappresenta una situazione estrema, ed in certa misura non realistica, tuttavia si è ritenuto interessante analizzare l'impatto di tutto il complesso degli interventi suddetti in un arco di tempo relativamente lungo (e certamente più lungo di quello che si considera introducendo gli interventi alle diverse epoche intermedie). Di fatto, ciò significa attribuire un peso maggiore a tali interventi - la cui entità, peraltro, non è complessivamente molto rilevante - permettendo, in questo modo, di coglierne meglio gli effetti spaziali.

Per la città di Torino, inoltre - diversamente che nella seconda serie di esperimenti - gli interventi sono stati trattati in modo parzia

le, considerandone solo gli aspetti relativi all'uso del suolo.

Ciò che contraddistingue questa serie di sperimentazioni è che gli output di ciascun singolo esperimento di simulazione, si riferiscono, tutti, all'epoca finale (2000) assunta negli scenari di riferimento. Ciò consente di confrontare ad una stessa epoca - quella finale -, i risultati dei diversi esperimenti e, conseguentemente, gli effetti prodotti da tutti i mix delle politiche sondate.

Nella seconda serie di esperimenti, che nel seguito verrà anche indicata come "serie ridotta delle sperimentazioni", sono stati simulati per ciascuno scenario, solo il mix di politiche dato dalla combinazione degli interventi nei trasporti e degli interventi negli altri settori urbani (articolati, entrambi, secondo fasi temporali), per un'unica ipotesi di assetto degli usi del suolo di progetto - quella relativa ai suoli di piano - (scelta perché meglio si avvicina agli usi del suolo di progetto effettivamente previsti nei comuni dell'area di studio).

Questa serie di esperimenti è costituita, dunque, solo da tre esperimenti di simulazione del modello. Per quanto la riduzione del range degli esperimenti limiti, di fatto, il ventaglio delle configurazioni spaziali alternative che possono prodursi, essa permette, nondimeno, di trattarne i risultati ad un livello di dettaglio maggiore con sufficiente agilità. Inoltre, oltre che all'epoca finale 2000, tale riduzione rende agevole estendere l'analisi dei risultati alle loro traiettorie di evoluzione temporale dall'epoca iniziale (1981) a quella finale (2000), passando attraverso certe epoche intermedie, opportunamente scelte in modo da essere coerenti con le fasi temporali di piano. Precisamente, le epoche intermedie considerate sono: il 1985, 1988, il 1991 ed il 1994.

In tutti gli esperimenti delle due serie di sperimentazioni effettuate, i valori dei parametri ed i valori delle grandezze considerate co-

me costanti nel modello, sono stati mantenuti fissi, ai valori del 1981.

Per i parametri, i valori assunti sono i seguenti:

- a. parametro di impedenza della distanza θ , 0,0729;
- b. parametro di impedenza della distanza β (articolato secondo il tipo di famiglia f , $f=1,8$) (*):

0,77 0,070 0,068 0,062 0,118 0,105 0,100 0,072

- c. parametro della funzione di utilità ξ (secondo il tipo di famiglia f):

4,795 4,187 5,162 3,864 5,710 4,412 5,463 4,329

- d. parametro di ripartizione modale, 0,25 e 0,75, rispettivamente, per il mezzo pubblico ed il mezzo privato.

La costanza dei parametri a , b e d significa, sostanzialmente, che nell'intervallo temporale interessato delle simulazioni, le caratteristiche di mobilità del sistema non mutano, né cambia il modo di utiliz-

(*) Ove f è caratterizzato come segue:

settore di occupazione del capofamiglia		numero di componenti della famiglia	condizione socioeconomica
f1	b	1 o 2	alta
f2	b	> 2	alta
f3	b	1 o 2	bassa
f4	b	> 2	bassa
f5	1	1 o 2	alta
f6	1	> 2	alta
f7	1	1 o 2	bassa
f8	1	> 2	bassa

zo del mezzo di spostamento. Tale ipotesi è, chiaramente, una semplificazione. Tuttavia, essa è utile per cogliere bene gli effetti "diretti" delle variazioni delle matrici dei tempi. In una fase successiva, potrebbe risultare utile, invece, introdurre, negli esperimenti, valori diversi per i suddetti parametri (*). Si noti, per altro, che tale introduzione può implicare modifiche, anche sostanziali, nell'entità degli effetti diretti, cosa che, in queste sperimentazioni, in cui i detti effetti non si conoscono ancora, rischia di distorcere l'analisi dei risultati.

La costanza del parametro della funzione di utilità significa assumere che, nell'intervallo temporale delle simulazioni, la struttura di preferenze che regola il comportamento localizzativo delle famiglie non subisca nessuna modificazione. In altri esperimenti potrebbe essere interessante rilasciare tale ipotesi, ed esplorare gli effetti che sul comportamento spaziale delle famiglie possono prodursi. Ciò, tuttavia, data la complessità del modello, richiederebbe di cambiare l'ottica di analisi, orientando le sperimentazioni a specifiche analisi di sensitività (analoghe a quelle effettuate nelle operazioni di calibrazione del sotto modello di localizzazione residenziale, cfr.: Bertuglia ed altri, 1983b).

Non si riportano qui, per ragioni di spazio i valori assunti per le costanti. (Detti valori, come quelli relativi a tutte le altre grandezze, sono contenuti nella libreria che raccoglie le informazioni necessa

(*) Ad esempio, negli esperimenti relativi allo scenario di crescita del sistema sarebbe plausibile assumere che, alla crescita del sistema corrisponda anche una crescita della mobilità e, eventualmente, un diverso modo di utilizzo dei mezzi di spostamento. Inoltre, sarebbe opportuno tener conto, esplicitamente, degli effetti di congestione, che una crescita della mobilità può provocare.

rie all'applicazione del modello). Un elenco delle costanti suddette insieme a quello di tutte le altre variabili del modello è contenuto nella tab. 7.1. Anche per queste grandezze (o per almeno alcune di esse) sarebbe possibile ammettere una loro variabilità nell'arco temporale delle simulazioni. A prescindere dalle operazioni di stima che una tale operazione comporterebbe, ciò - come per altro l'introduzione di una variabilità dei parametri - significherebbe aumentare notevolmente i gradi di libertà del modello, rendendone assai difficoltoso il controllo del comportamento e l'analisi dei risultati.

7.3. Risultati

Vengono considerati, nell'ordine, prima i risultati della serie complessiva delle sperimentazioni e successivamente quelli della serie ridotta.

Per quanto riguarda la serie complessiva, la discussione dei risultati, è di carattere essenzialmente qualitativo ed ha lo scopo fondamentale di delineare il quadro generale dei risultati ottenuti dal modello in modo diretto: ossia gli output relativi alle principali variabili descrittive del modello (posti di lavoro, abitazioni e popolazione). Data la numerosità degli esperimenti cui si tratta, nella discussione si fa riferimento esclusivamente all'articolazione territoriale secondo corone, cfr.: fig. 5.2..

Per quanto riguarda la serie ridotta delle sperimentazioni, la discussione è estesa anche all'analisi di alcune altre grandezze, l'accessibilità ed i flussi casa-lavoro, derivate dagli output relativi alle variabili descrittive del modello tramite elaborazioni condotte a latere.

Inoltre, oltre che per l'articolazione territoriale per corone, per alcune grandezze l'analisi è condotta a livello zonale. La città di Torino viene trattata fondamentalmente a livello aggregato anche se, per alcuni risultati, l'analisi discende a livello di quartiere.

A. Risultati della serie complessiva delle sperimentazioni

I risultati delle simulazioni effettuate sono riportati nelle figg. 7.1, 7.2 e 7.3, rispettivamente per lo scenario di evoluzione più probabile, di declino e di crescita. Ciascuna figura mostra come variano all'epoca finale (2000) i pesi percentuali della città di Torino e delle tre corone, con riferimento ai posti di lavoro (addetti) alle abitazioni ed alla popolazione rispetto alla situazione al 1981.

Le curve, tracciate unendo i valori ottenuti nei diversi esperimenti, rappresentano l'insieme degli stati possibili raggiungibili dal sistema (articolato in questo caso secondo corone) all'epoca finale. In particolare, in questo contesto, uno stato del sistema (all'epoca finale) è descrivibile, semplicemente, mediante l'insieme dei punti delle curve di ciascuna corona che sono stati determinati in un certo esperimento (che risultano cioè dall'impatto di un certo mix di politiche). Precisamente, per ciascun esperimento, lo stato del sistema è rappresentato dall'insieme dei 12 punti che appartengono alle traiettorie della città di Torino e delle 3 corone relativamente alle 3 grandezze, addetti, abitazioni e popolazione. E' evidente, che lo stato del sistema, come sopra definito, tiene conto degli effetti derivanti dall'impatto delle politiche considerate.

L'analisi delle curve permette quindi di studiare sinteticamente l'evoluzione degli stati del sistema al variare del tipo di esperimento

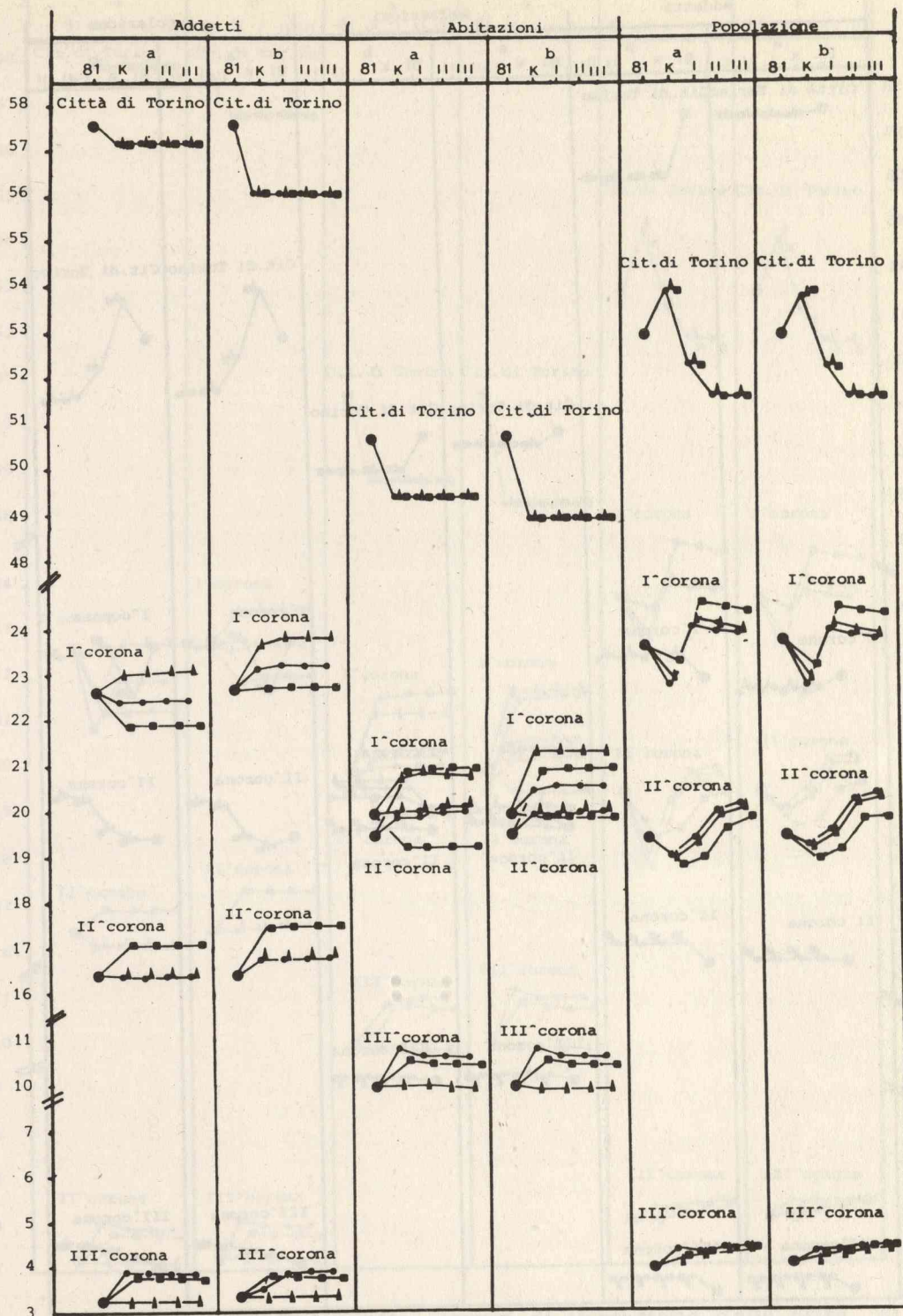


Figura 7.1 Scenario di evoluzione più probabile: curve di variazione della città di Torino e delle corone all'epoca 2000 per gli addetti, le abitazioni e la popolazione (valori percentuali, rispetto al valore totale delle grandezze nel complesso dell'area)

- suoli di massima disponibilità
- ▲ suoli di piano
- suoli di parziale disponibilità
- a, b assenza e presenza delle politiche localizzative
- 81 valore al 1981
- K assenza delle politiche di trasporto
- I, II, III presenza delle politiche di trasporto (secondo la fase temporale di intervento)

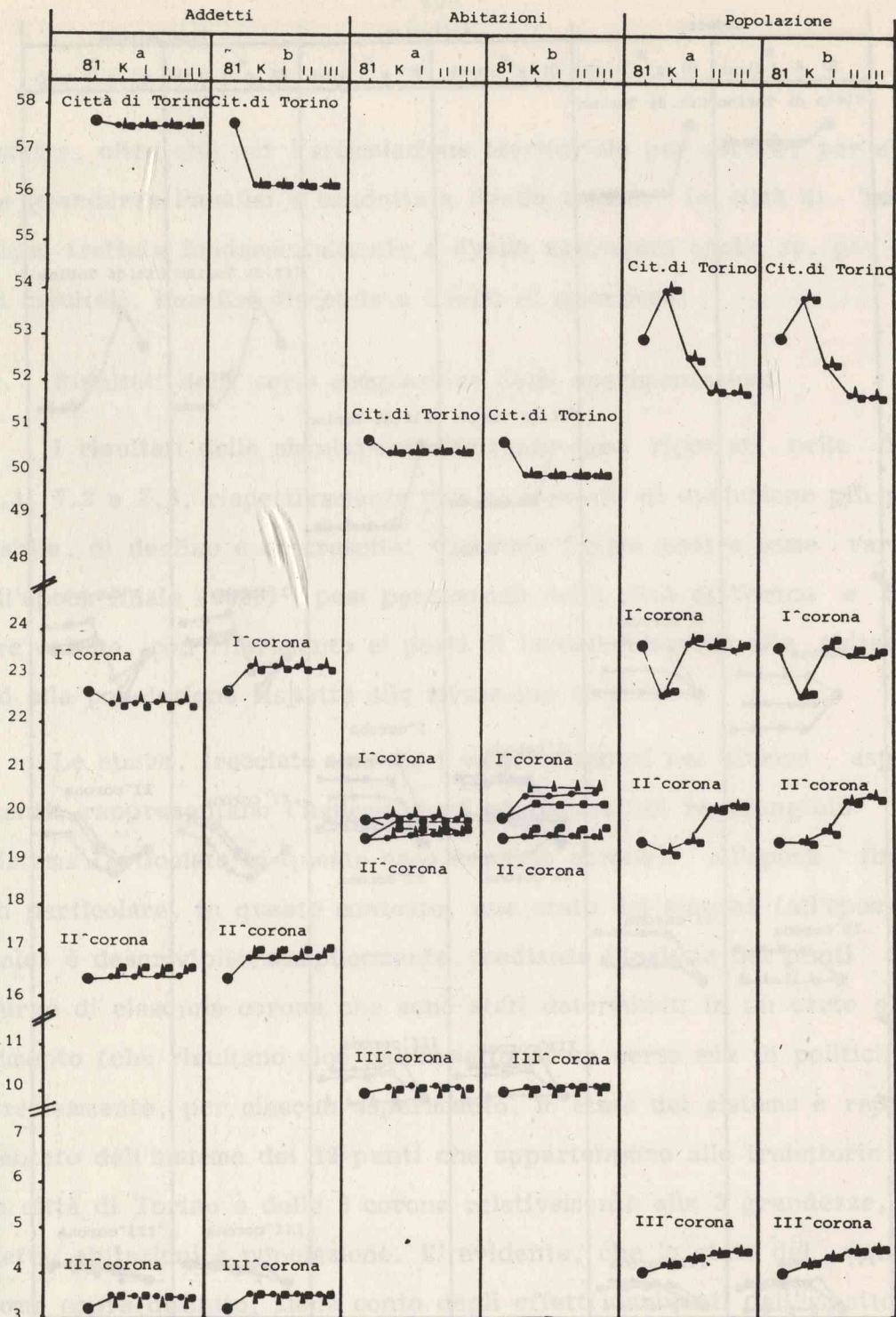


Figura 7.2 Scenario di declino: curve di variazione della città di Torino e delle corone all'epoca 2000 per gli addetti, le abitazioni e la popolazione (valori percentuali rispetto al valore totale delle grandezze nel complesso dell'area)

- suoli di massima disponibilità
- ▲ suoli di piano
- suoli di parziale disponibilità
- a, b assenza e presenza delle politiche localizzative
- 81 valore al 1981
- K assenza delle politiche di trasporto
- I, II, III presenza delle politiche di trasporto (secondo la fase temporale di intervento)

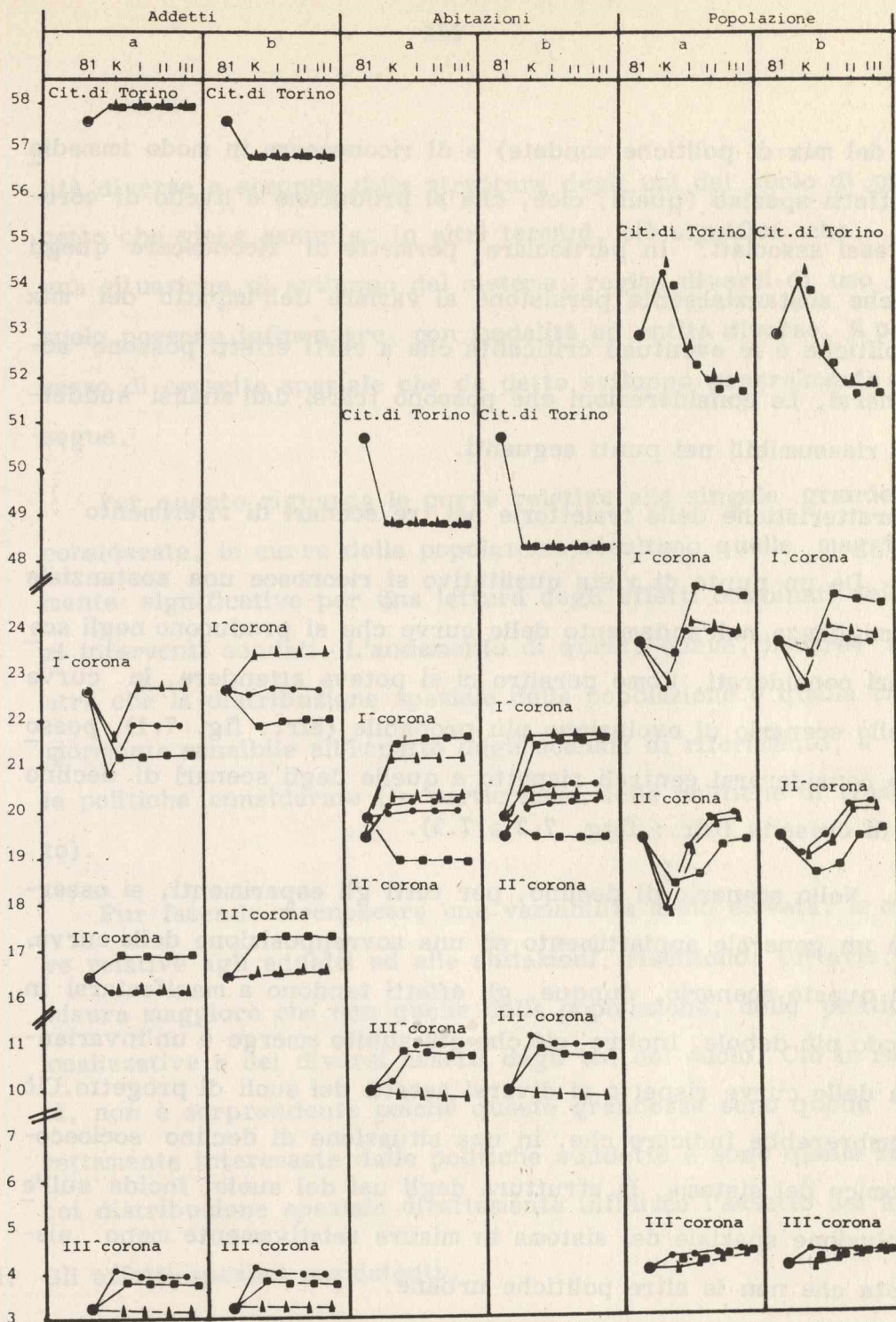


Figura 7.3 Scenario di crescita: curve di variazione della città di Torino e delle corone all'epoca 2000 per gli addetti, le abitazioni e la popolazione (valori percentuali rispetto al valore totale delle grandezze nel complesso dell'area)

- suoli di massima disponibilità
- ▲ suoli di piano
- suoli di parziale disponibilità
- a, b assenza e presenza delle politiche localizzative
- 81 valore al 1981
- K assenza delle politiche di trasporto
- I, II, III presenza delle politiche di trasporto (secondo la fase temporale di intervento)

(e cioè del mix di politiche sondate) e di riconoscere in modo immediato gli effetti spaziali (quelli, cioè, che si producono a livello di corone) ad essi associati. In particolare, permette di riconoscere quegli effetti che sostanzialmente persistono al variare dell'impatto dei mix delle politiche e le eventuali criticalità che a certi effetti possono accompagnarsi. Le considerazioni che possono trarsi dall'analisi suddetta sono riassumibili nei punti seguenti.

i. Caratteristiche delle traiettorie nei tre scenari di riferimento

Da un punto di vista qualitativo si riconosce una sostanziale somiglianza nell'andamento delle curve che si producono negli scenari considerati. Come peraltro ci si poteva attendere, le curve dello scenario di evoluzione più probabile (cfr.: fig. 7.1) possono considerarsi centrali rispetto a quelle degli scenari di declino e di crescita (cfr.: figg. 7.2 e 7.3).

Nello scenario di declino, per tutti gli esperimenti, si osserva un generale appiattimento ed una sovrapposizione delle curve. In questo scenario, dunque, gli effetti tendono a manifestarsi in modo più debole. Inoltre, ciò che qui subito emerge è un'invarianza delle curve rispetto ai diversi assetti dei suoli di progetto. Ciò sembrerebbe indicare che, in una situazione di declino socioeconomico del sistema, la struttura degli usi del suolo, incida sull'evoluzione spaziale del sistema in misura relativamente meno elevata che non le altre politiche urbane.

Nello scenario di crescita, le curve mostrano una maggiore variabilità, e tale variabilità è diversa a seconda dell'assetto degli usi del suolo. Ciò indicherebbe che in una situazione di crescita, l'evoluzione spaziale del sistema può far riconoscere moda-

lità diverse a seconda della struttura degli usi del suolo di progetto che viene assunta. In altri termini, ciò significa che in una situazione di sviluppo del sistema, regimi diversi di uso del suolo possono influenzare, con modalità ed entità diverse, il processo di crescita spaziale che da detto sviluppo generalmente con segue.

Per quanto riguarda le curve relative alle singole grandezze considerate, le curve della popolazione risultano quelle maggiormente significative per una lettura degli effetti combinati dei va ri interventi sondati. L'andamento di queste curve, inoltre, mostra che la distribuzione spaziale della popolazione è quella maggiormente sensibile all'impatto degli scenari di riferimento, e del le politiche considerate (in particolare, delle politiche di traspor to).

Pur facendo riconoscere una variabilità meno elevata, le curve relative agli addetti ed alle abitazioni, risentono, tuttavia, in misura maggiore che non quelle della popolazione, delle politiche localizzative e dei diversi assetti degli usi del suolo. Ciò in realtà, non è sorprendente poiché queste grandezze sono quelle direttamente interessate dalle politiche suddette e sono quelle sulla cui distribuzione spaziale direttamente influisce l'assetto dei suoli.

ii. Gli effetti spaziali persistenti

La sostanziale somiglianza tra gli andamenti delle curve nei tre scenari, consente di tralasciare per il momento la discussione di ciascuno scenario e di concentrare l'attenzione sulle caratteristiche di tali andamenti e, cioè, in ultima analisi, sugli effetti spa ziali persistenti, che complessivamente, essi rivelano. Qui, in

particolare, ci si sofferma sull'analisi dell'insieme di esperimenti caratterizzati dalla presenza o dall'assenza delle politiche di trasporto e delle politiche localizzative, prescindendo oltre che dalla distinzione tra scenari, anche dalla distinzione tra assetti degli usi del suolo di progetto.

Ciò che, in primo luogo, dall'analisi suddetta emerge è che solo con l'introduzione delle politiche di trasporto, il processo di diffusione spaziale delle attività si innesca e si manifesta completamente. Inoltre, la maggior parte degli effetti che ne derivano si producono già con gli interventi previsti nella prima fase temporale (in corrispondenza, cioè, dei punti I delle curve).

In presenza delle politiche di trasporto infatti, anche le traiettorie della popolazione fanno riconoscere una progressiva diminuzione dell'importanza (relativa) della città di Torino ed una crescita graduale del peso dell'area esterna alla città (ed in particolare, della seconda corona).

Questo risultato indicherebbe, allora, che solo in presenza di miglioramenti dell'accessibilità delle altre parti del sistema, l'effetto attrattivo che la città di Torino esercita sul comportamento localizzativo della popolazione del sistema tenderebbe ad attenuarsi. In particolare, l'effetto dei miglioramenti suddetti tende a prodursi in misura relativamente più elevata nella seconda corona. A ciò concorre, presumibilmente, anche la crescita relativa delle opportunità di lavoro e di residenza che interessa sopra tutto la prima e la seconda corona.

In secondo luogo, l'introduzione delle politiche localizzative - il cui impatto, come detto, si produce sopra tutto sulla distribu-

zione spaziale degli addetti e delle abitazioni (cfr.: i punti III delle curve) - tende:

- a. in assenza delle politiche di trasporto, a contenere sia l'aumento del peso di popolazione della città di Torino sia la diminuzione dell'area esterna alla città (ed in particolare della seconda corona);
- b. in presenza delle politiche di trasporto, ad accentuarne l'effetto diffusivo all'esterno della città.

Complessivamente, questo risultato indicherebbe che interventi puntuali in ordine ai posti di lavoro ed alle abitazioni (situati per la maggior parte nella prima corona) producono sulla distribuzione della popolazione, un effetto analogo a quello che deriva da miglioramenti dell'accessibilità, contribuendo, in presenza di questi ultimi, a rafforzarne l'intensità.

iii. Effetti spaziali e criticalità

Due tipi di criticalità caratterizzano il processo di diffusione spaziale della popolazione. Il primo - presente in tutti gli scenari - è riconoscibile osservando l'andamento delle curve delle corone, che risulta dall'introduzione degli interventi nei trasporti nelle diverse fasi temporali. Esse indicano - come già notato in precedenza - che, la maggior parte degli effetti di diffusione spaziale si producono sin dagli interventi della prima fase. Le criticalità che qui interessa far notare riguardano gli effetti "aggiuntivi" che a livello di corone si producono a seguito degli interventi delle fasi successive.

Precisamente, in tutti gli scenari, e per tutte le ipotesi di uso del suolo:

- a. le curve della città di Torino tendono a decrescere ulteriormente con un andamento di tipo esponenziale;
- b. quelle della prima corona presentano un andamento linearmente decrescente;
- c. le curve della seconda corona fanno riconoscere una crescita di tipo esponenziale;
- d. quelle della terza corona, infine, rimangono sostanzialmente stazionarie (per quanto tendenzialmente crescente).

Quanto appena osservato suggerisce che:

- complessivamente, l'impatto degli interventi di trasporto risulta maggiore sulla città di Torino e sulla seconda corona;
- al crescere dell'accessibilità, un fenomeno di progressiva saturazione tende ad accompagnarsi al processo di diffusione spaziale della popolazione nella prima corona;
- al crescere dell'accessibilità, il processo di diffusione spaziale risulta più rapido nella seconda corona e tende ad innescarsi quando si manifesta il fenomeno di saturazione della prima corona (in corrispondenza degli interventi nella seconda fase).

Il secondo tipo di criticalità - anch'esso presente in tutti gli scenari - emerge quando si considerano i diversi assetti di uso del suolo (di progetto).

In generale, - per la popolazione e per le altre grandezze - l'assetto dei suoli di massima disponibilità è quello che permette al processo di diffusione spaziale di realizzarsi con intensità più elevata (interessando sopra tutto la terza corona). In questo caso, l'effetto combinato di miglioramenti dell'accessibilità e di una disponibilità massima di suolo nelle

aree più esterne del sistema, rende queste ultime particolarmente attrattive.

Come ci si poteva attendere, l'assetto dei suoli "di piano" introduce in certa misura, dei vincoli alla diffusione spaziale del sistema. In questo caso, l'effetto combinato di miglioramenti dell'accessibilità e di una disponibilità limitata di suolo nelle aree più esterne del sistema, fa sì che la diffusione spaziale del sistema venga contenuto, e tenda ad interessare le aree più centrali (prima e seconda corona).

L'introduzione dell'assetto dei suoli di parziale disponibilità genera degli effetti che, in certa misura, sono già compresi fra quelli ottenuti per i due casi precedenti. In questo caso particolare, l'effetto combinato di miglioramenti dell'accessibilità, di vincoli sulla capacità insediativa delle zone della prima corona e di una disponibilità elevata di suolo nelle aree più esterne, tende, con riferimento agli addetti ed alle abitazioni, a concentrarne la diffusione spaziale, sopra tutto nella seconda corona (mentre la terza fa riconoscere un aumento meno elevato che nel caso di disponibilità di suolo massima). Invece, l'effetto che si produce sulla popolazione risulta, diverso, ed in certo senso inatteso. Per quanto, come già osservato, in generale la distribuzione della popolazione sia relativamente meno sensibile all'impatto dei diversi assetti del suolo, in questo caso, tuttavia, essa ne viene influenzata in modo apprezzabile. Osservando le curve delle corone, infatti, si rileva che esse subiscono degli spostamenti significativi (verso l'alto e verso il basso) pur restandone invariato l'andamento. Precisamente, la curva della città di Torino tende ad abbassarsi e quella della prima e seconda corona si spostano rispettivamente verso l'alto e verso il basso.

L'implicazione fondamentale - ed in certa misura contro intuitiva - di quanto sopra, è che in presenza di una crescita dei posti di lavoro e delle abitazioni relativamente più elevate nella seconda corona - nonché in presenza di miglioramenti dell'accessibilità -, le zone immediatamente adiacenti alla città (prima corona) diventano maggiormente attrattive per la popolazione. La rilevanza di questo risultato è evidente (in particolare se confrontato con quello ottenuto nel caso dell'assetto dei suoli di piano) e suggerisce, in ultima analisi, che un meccanismo di trade-off (tra miglioramenti dell'accessibilità da un lato ed aumento delle opportunità residenziali e di lavoro dall'altro) è presente nel comportamento localizzativo della popolazione, il cui funzionamento sarebbe interessante approfondire ulteriormente.

B. Risultati della serie ridotta delle sperimentazioni

I risultati di questa serie di esperimenti sono presentati cercando di seguire l'ordine secondo il quale vengono determinati dai singoli sottomodelli (cfr.: fig. 3.1), richiamandone così, seppur implicitamente, il loro riferimento logico e funzionale all'interno del modello complessivo. Per primi, quindi, vengono illustrati i risultati relativi agli addetti e successivamente quelli relativi alle abitazioni. Per ultimi, sono trattati gli output del sottomodello, finale, di localizzazione residenziale, ossia i risultati relativi alla popolazione.

Infine, vengono esaminati gli output relativi all'accessibilità ed ai flussi casa lavoro basati su un'elaborazione, rispettivamente, dei risultati relativi agli addetti ed alla distribuzione spaziale della popolazione.

In generale, tutti gli output sono riassunti in grafici che ne mostrano le traiettorie di evoluzione temporale, e riferiti all'articolazio-

ne territoriale secondo corone. Per alcuni output maggiormente significativi, quelli relativi alla popolazione ed all'accessibilità, viene data una rappresentazione grafica anche a livello zonale, che ne mostra la variazione complessiva tra l'epoca iniziale e quella finale.

Due parametri di lettura possono essere utilizzati nell'analisi delle traiettorie di evoluzione temporale delle grandezze considerate: i. la velocità di variazione delle traiettorie; ii. le caratteristiche delle traiettorie nei tre scenari di riferimento.

Con riferimento al primo parametro considerato si rileva quanto segue. Complessivamente, anche in questa serie di esperimenti, tutte le traiettorie nei diversi scenari, indicano che nell'arco temporale considerato, 1981-2000, un processo di diffusione spaziale si produce nel sistema urbano di Torino.

In generale è possibile riconoscere, tendenzialmente, tre diverse intensità (velocità) di evoluzione del processo stesso.

La prima, quella più elevata, si verifica in corrispondenza ai primi due intervalli temporali considerati (1981-1985, 1985-1988). Ciò indica, che la maggior parte degli effetti spaziali associati al processo di diffusione spaziale si manifestano in misura sostanziale già al 1988. Ciò indica, inoltre, che l'impatto degli interventi previsti in questi intervalli risulta essere quello maggiormente rilevante nell'indirizzare il processo stesso.

La seconda intensità di evoluzione si verifica nei due intervalli temporali successivi al 1988 (1988-1991; 1991-1994). Essa risulta meno elevata della prima, e pare indicare la presenza di una fase di rallentamento (assestamento) nel processo di diffusione spaziale. Essa suggerisce anche che gli interventi (ed in particolare quelli nei traspor

ti) previsti in questi intervalli temporali, producono, complessivamente, un effetto relativamente meno incisivo di quello determinato dagli interventi degli intervalli precedenti.

La terza intensità di evoluzione, infine, caratterizza l'ultimo intervallo temporale (1994-2000). Detta intensità, la meno elevata delle tre, si produce in una situazione di assenza di interventi o, più precisamente, in una situazione in cui gli effetti degli interventi stessi sono già stati assorbiti dal sistema. Essa rispecchia, quindi, in misura maggiore che non le due intensità precedenti, i tassi di variazione che governano i diversi scenari di riferimento.

Con riferimento al secondo parametro di lettura considerato, si rileva quanto segue. Analogamente a quanto osservato per la serie complessiva delle sperimentazioni, anche in questi esperimenti le somiglianze di fondo nell'andamento delle traiettorie relative ai tre scenari sussistono pur essendo meno evidenti. Ciò è una conseguenza, come ovvio, dal diverso approccio di analisi utilizzato nei due casi.

Anche in questo caso, in generale, vale la regola che le traiettorie relative allo scenario di crescita sono quelle che presentano una variabilità (inclinazione) maggiore, mentre quelle relative allo scenario di declino fanno riconoscere una variabilità (inclinazione) minore. Le traiettorie relative allo scenario di evoluzione più probabile sono comprese, generalmente, tra quelle degli altri due scenari.

Gli effetti spaziali persistenti e le eventuali criticalità che a questi possono accompagnarsi, sono individuabili nel corso della discussione di ciascun output. Per quanto spesso le caratteristiche degli effetti suddetti variano a seconda della grandezza considerata, complessivamente si può osservare che:

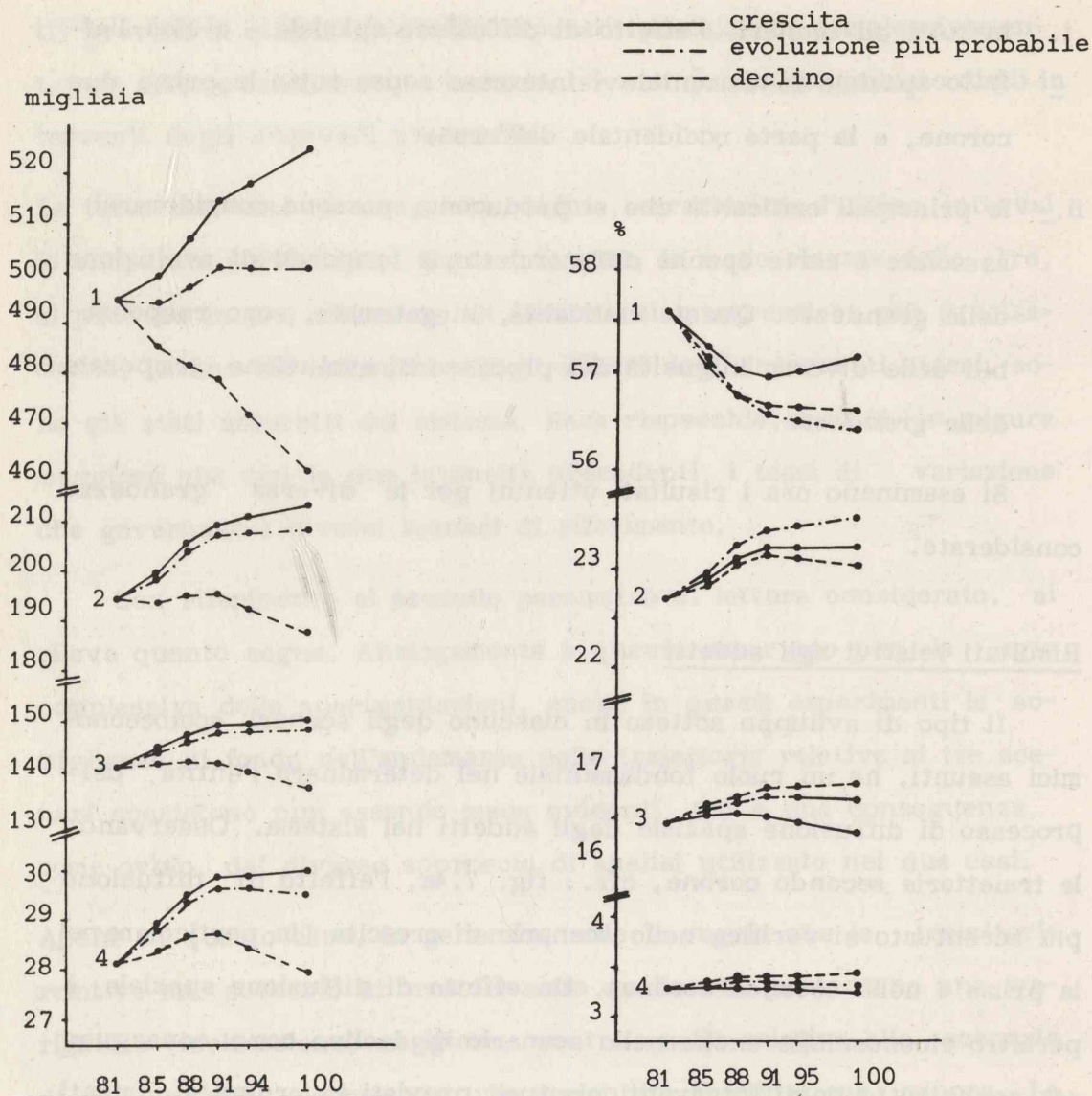
- i. in tutti gli scenari, l'effetto di diffusione spaziale - e cioè l'effetto spaziale fondamentale - interessa sopra tutto le prime due corone, e la parte occidentale dell'area;
- ii. le principali criticalità che si producono, possono considerarsi associate a certe epoche delle traiettorie temporali di evoluzione delle grandezze. Queste criticalità, in generale, sono responsabili delle diverse intensità del processo di evoluzione temporale delle grandezze.

Si esaminano ora i risultati ottenuti per le diverse grandezze considerate.

Risultati relativi agli addetti

Il tipo di sviluppo sotteso in ciascuno degli scenari socioeconomici assunti, ha un ruolo fondamentale nel determinare l'entità del processo di diffusione spaziale degli addetti nel sistema. Osservando le traiettorie secondo corone, cfr.: fig. 7.4a, l'effetto di diffusione più accentuato si verifica nello scenario di crescita (in particolare nella prima e nella seconda corona). Un effetto di diffusione spaziale è peraltro riconoscibile anche nello scenario di declino, come conseguenza, sopra tutto degli interventi puntuali previsti in ordine ai posti di lavoro industriali e terziari. [In particolare, proprio le caratteristiche dello scenario suddetto (contrazione dell'occupazione tradizionalmente di base ed invarianza dell'occupazione terziaria) consentono di cogliere, probabilmente in modo più evidente l'effetto diretto determinato dell'impatto degli interventi puntuali perché depurato dagli effetti prodotti dai tassi di crescita presenti negli altri scenari].

L'analisi delle traiettorie dei valori percentuali, cfr.: fig. 7.4b,



a. Valori assoluti

b. Valori percentuali

1. Città di Torino
2. Prima corona
3. Seconda corona
4. Terza corona

Figura 7.4 Traiettorie degli addetti totali secondo corone nei tre scenari (il 100 indica l'epoca 2000)

indica che la città ha un'influenza non irrilevante nel determinare l'intensità (velocità) del processo di diffusione spaziale (*). Nello scenario di crescita, ad esempio, nel quale il calo relativo della città è quello apprezzabilmente meno elevato, la prima corona aumenta in misura più modesta che nello scenario di evoluzione più probabile, mentre la variazione della seconda risulta quella più contenuta rispetto agli altri due scenari.

La considerazione che, in ultima analisi, si può trarre è quindi che, in una situazione di crescita del sistema, l'importanza relativa della città nel sistema, in termini di opportunità di lavoro, tende a mantenersi sostanzialmente maggiore che in una situazione di stazionarietà (nella quale l'area esterna alla città è interessata da un processo diffusivo più elevato). E detto effetto, risulta, da un punto di vista qualitativo, più marcato in una situazione di declino (si vedano le traiettorie dei valori percentuali per la seconda e la terza corona).

Un'ultima osservazione che si trae osservando le traiettorie delle corone, concerne il loro andamento nei diversi intervalli temporali. Pur restando valide le osservazioni generali avanzate in precedenza, in questo caso si riconosce come critica l'epoca 1991, in corrispon-

(*) Si ricordi che nei tre scenari le variazioni 1981-2000 degli addetti (e delle abitazioni) per la città di Torino e per il resto del sistema, a livello aggregato, sono fissate in modo esogeno (cfr.: tabb. 6.1, 6.2 e 6.3). Ciò che quindi viene determinato dal modello è la distribuzione spaziale delle variazioni suddette (in presenza delle relative politiche) nella città e nell'area esterna alla città. Qui in realtà si esaminano solo le distribuzioni spaziali ottenute per l'area esterna alla città, mentre la città di Torino viene trattata sempre a livello aggregato.

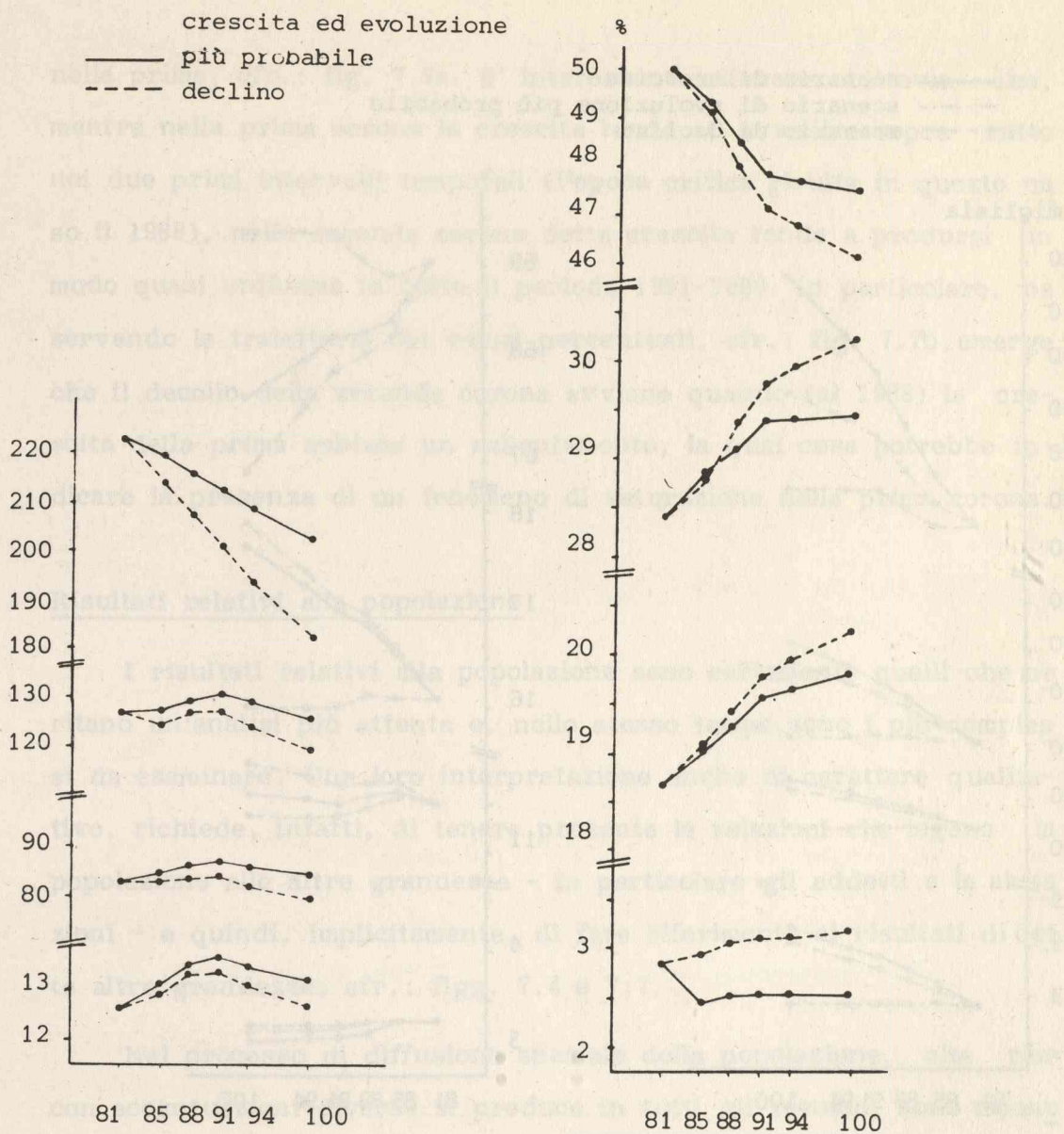
denza della quale tutte le traiettorie mostrano un sensibile appiattimento. Ciò indicherebbe che dopo questa epoca l'evoluzione del sistema tenderebbe a proseguire in modo inerziale.

E' opportuno considerare brevemente anche le traiettorie degli addetti nell'industria e nel terziario (superiore ed inferiore) riportate nelle figg. 7.5 e 7.6. Queste figure descrivono le traiettorie temporali delle due principali componenti (addetti nell'industria ed addetti nel terziario) che determinano l'andamento complessivo delle traiettorie degli addetti totali precedentemente illustrate.

Per quanto la lettura di tali figure sia immediata, due osservazioni meritano di essere avanzate. In primo luogo le traiettorie degli addetti nell'industria sono uguali negli scenari di crescita e di evoluzione più probabile. Ciò deriva semplicemente dal fatto che le variazioni degli addetti nell'industria assunte in detti scenari sono praticamente uguali. In secondo luogo - ed è ciò che è di particolare interesse notare - si rileva che l'andamento delle traiettorie degli addetti nell'industria influisce in modo significativo sulle caratteristiche dell'andamento delle traiettorie degli addetti totali. In particolare, emerge che fino all'epoca 1991, ad eccezione della città di Torino, le traiettorie degli addetti totali risentono in misura preponderante dell'andamento di quelle degli addetti nell'industria, mentre dopo tale epoca, risulta più elevata l'influenza dell'andamento di quelle degli addetti del terziario (il quale, peraltro, presenta una sostanziale uniformità di tutto l'arco temporale 1981-2000).

Risultati relativi alle abitazioni

Anche per questa grandezza, il processo di diffusione spaziale si produce in misura prevalente nelle prime corone ed in particolare



a. Valori assoluti

b. Valori percentuali

1. Città di Torino
2. Prima corona
3. Seconda corona
4. Terza corona

Figura 7.5 Traiettorie degli addetti nell'industria secondo corone nei tre scenari (il 100 indica l'epoca 2000)

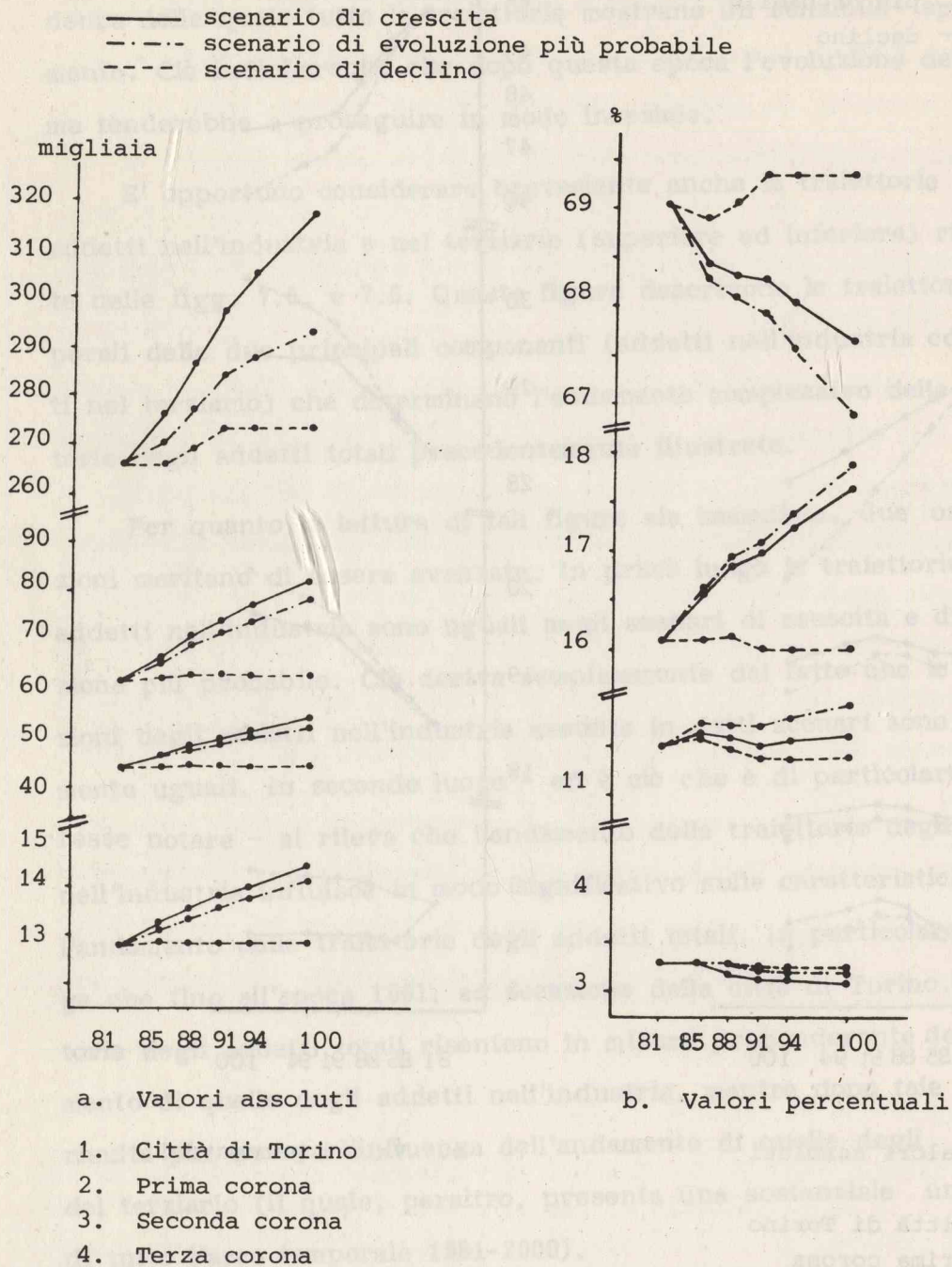


Figura 7.6 Traiettorie degli addetti nel terziario secondo corone nei tre scenari

nella prima, cfr.: fig. 7.7a. E' interessante rilevare tuttavia che, mentre nella prima corona la crescita tende ad avvenire sopra tutto nei due primi intervalli temporali (l'epoca critica risulta in questo caso il 1988), nella seconda corona detta crescita tende a prodursi in modo quasi uniforme in tutto il periodo 1981-2000. In particolare, osservando le traiettorie dei valori percentuali, cfr.: fig. 7.7b, emerge che il decollo della seconda corona avviene quando (al 1988) la crescita della prima subisce un rallentamento, la qual cosa potrebbe indicare la presenza di un fenomeno di saturazione della prima corona.

Risultati relativi alla popolazione

I risultati relativi alla popolazione sono certamente quelli che meritano un'analisi più attenta e, nello stesso tempo, sono i più complessi da esaminare. Una loro interpretazione anche di carattere qualitativo, richiede, infatti, di tenere presente le relazioni che legano la popolazione alle altre grandezze - in particolare gli addetti e le abitazioni - e quindi, implicitamente, di fare riferimento ai risultati di dette altre grandezze, cfr.: figg. 7.4 e 7.7.

Nel processo di diffusione spaziale della popolazione, che pur con accentuazioni diverse si produce in tutti gli scenari, sono riconoscibili 4 principali fasi che ne caratterizzano le traiettorie di evoluzione temporale, cfr.: fig. 7.8:

- i. la prima fase (relativa all'intervallo temporale 1981-1985) vede, in tutti gli scenari, un calo nella città ed un aumento di entità pressoché uguale nelle corone esterne. In questa fase, la variazione degli addetti e delle abitazioni nella città è minima, mentre si innesca un processo di crescita sopra tutto nelle due corone più interne, ed in particolare nella prima;

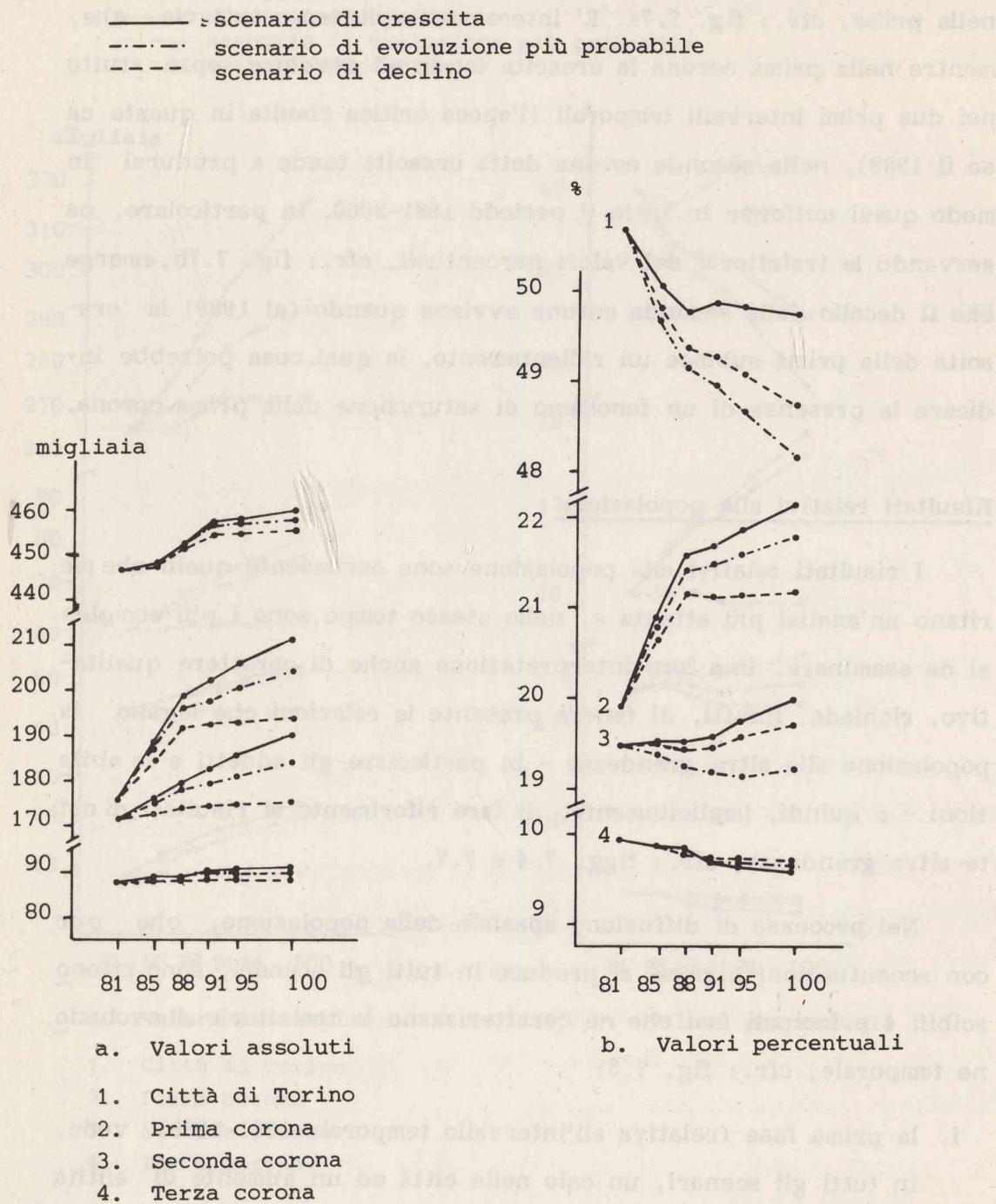
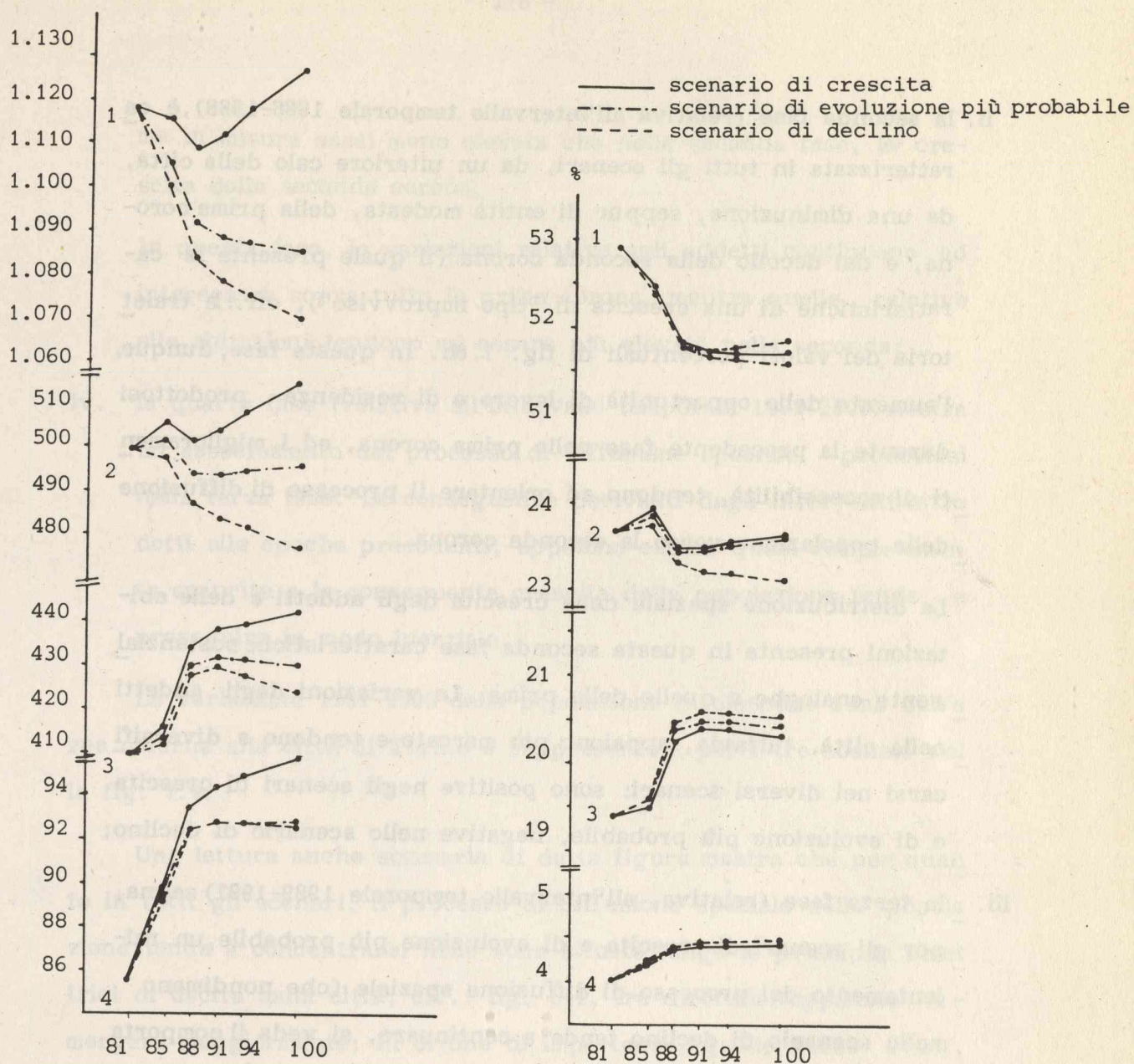


Figura 7.7 Traiettorie delle abitazioni totali secondo corone nei tre scenari (il 100 indica l'epoca 2000)



a. Valori assoluti

b. Valori percentuali

1. Città di Torino
2. Prima corona
3. Seconda corona
4. Terza corona

Figura 7.8 Traiettorie della popolazione secondo corone nei tre scenari (il 100 indica l'epoca 2000)

- ii. la seconda fase (relativa all'intervallo temporale 1986-1988), è caratterizzata in tutti gli scenari, da un ulteriore calo della città, da una diminuzione, seppur di entità modesta, della prima corona, e dal decollo della seconda corona (il quale presenta le caratteristiche di una crescita di "tipo improvviso"), cfr.: la traiettoria dei valori percentuali di fig. 7.8b. In questa fase, dunque, l'aumento delle opportunità di lavoro e di residenza prodottosi durante la precedente fase nella prima corona, ed i miglioramenti di accessibilità, tendono ad orientare il processo di diffusione della popolazione verso la seconda corona.

La distribuzione spaziale della crescita degli addetti e delle abitazioni presenta in questa seconda fase caratteristiche sostanzialmente analoghe a quelle della prima. Le variazioni degli addetti nella città, tuttavia, appaiono più marcate e tendono a diversificarsi nei diversi scenari: sono positive negli scenari di crescita e di evoluzione più probabile, negative nello scenario di declino;

- iii. la terza fase (relativa, all'intervallo temporale 1989-1991) segna, per gli scenari di crescita e di evoluzione più probabile, un ralentamento del processo di diffusione spaziale (che nondimeno nello scenario di declino tende a continuare, si veda il comportamento della terza corona).

Il relativo aumento del peso della città e la crescita della prima corona, in termini di addetti e di abitazioni, avvenuti nelle fasi precedenti, fanno sì che le aree centrali del sistema, pur in presenza di miglioramenti dell'accessibilità, diventino maggiormente attrattive. Come conseguenza, negli scenari suddetti, si innesca, in questa fase, un fenomeno di relativa concentrazione del la popolazione verso la città e la prima corona, mentre continua,

ma in misura assai meno elevata che nella seconda fase, la crescita della seconda corona.

In questa fase, le variazioni relative agli addetti continuano ad interessare sopra tutto la prima corona, mentre quelle relative alle abitazioni tendono ad essere più elevate nella seconda;

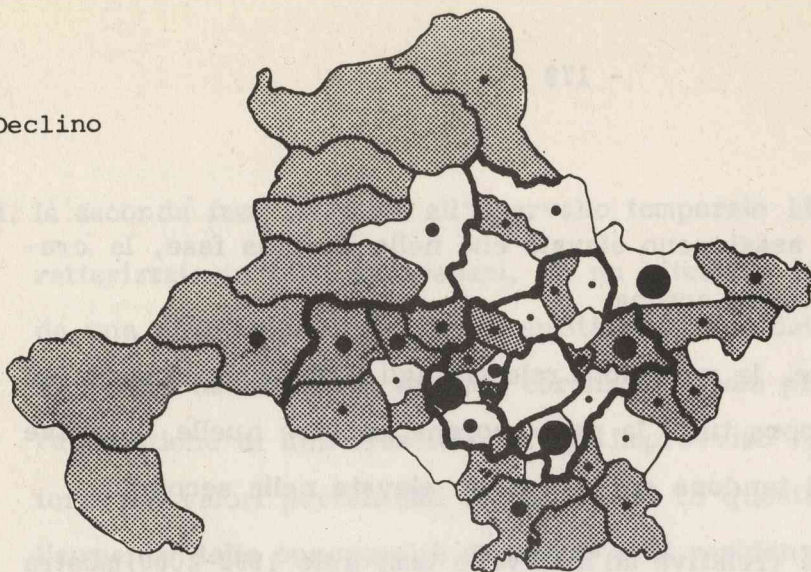
- iv. la quarta fase (relativa all'intervallo temporale 1992-2000) mostra un assestamento del processo di diffusione spaziale prodottosi nella terza fase. Le conseguenze derivanti dagli interventi introdotti alle epoche precedenti, appaiono essere quasi completamente esaurite e la conseguente crescita della popolazione tende a proseguire in modo inerziale.

La variazione 1981-2000 della popolazione in ciascuna zona dell'area esterna alla città di Torino è rappresentata per i tre scenari nella fig. 7.9.

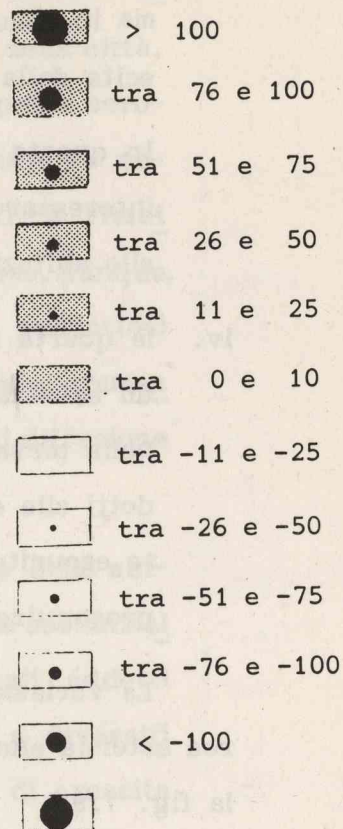
Una lettura anche sommaria di detta figura mostra che, per quanto in tutti gli scenari, il processo di diffusione spaziale della popolazione tenda a concentrarsi nelle zone situate lungo le principali direttrici di uscita dalla città, cfr.: fig. 5.1, tre direttrici appaiono emergere maggiormente; in ordine di importanza, quelle verso ovest, verso est e verso sud-ovest. Inoltre, nello scenario di crescita, in particolare, se ne riconoscono altre due, verso sud e verso nord-ovest, che, in certa misura si configurano come direttrici di fuoriuscita dalla prima corona verso la seconda.

La variazione 1981-2000 della popolazione nei quartieri della città di Torino è mostrata nella fig. 7.10. In tutti gli scenari, la diminuzione di popolazione nelle zone più centrali rispetto a quelle periferiche indica che anche all'interno della città si produce un proces-

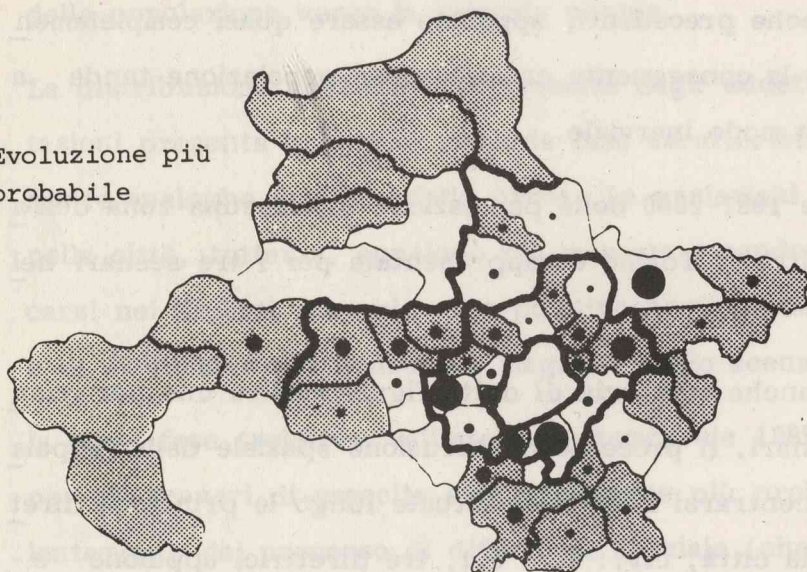
a. Declino



Centinaia



b. Evoluzione più probabile



c. Crescita

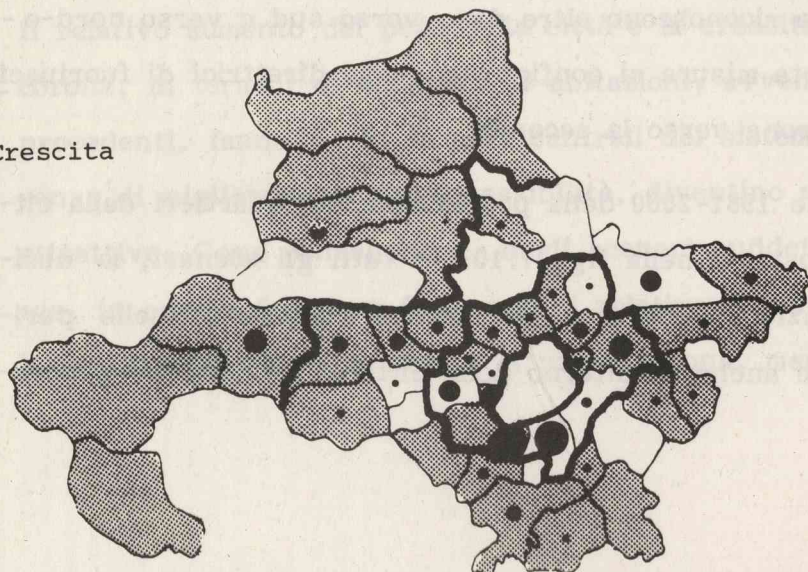
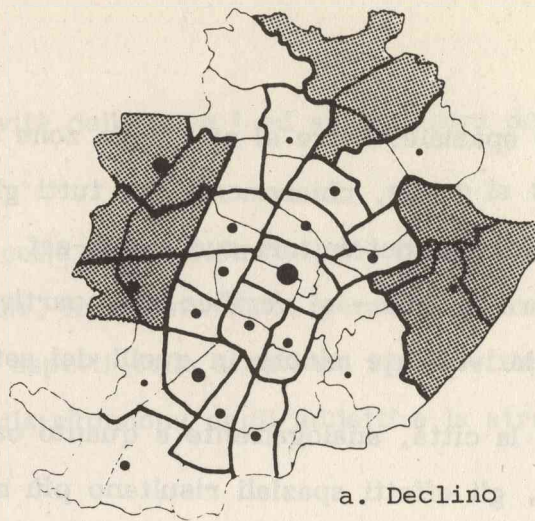
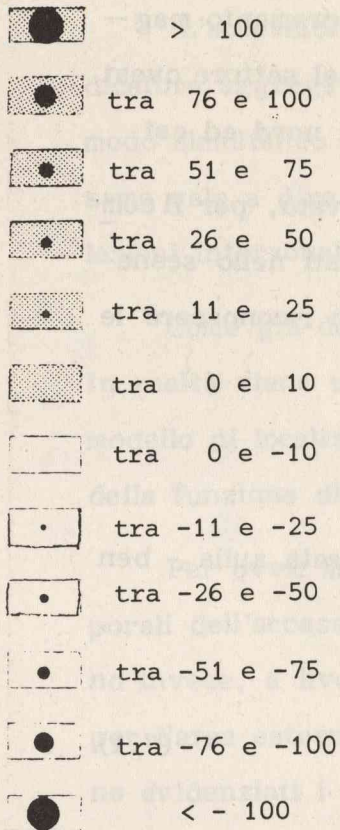
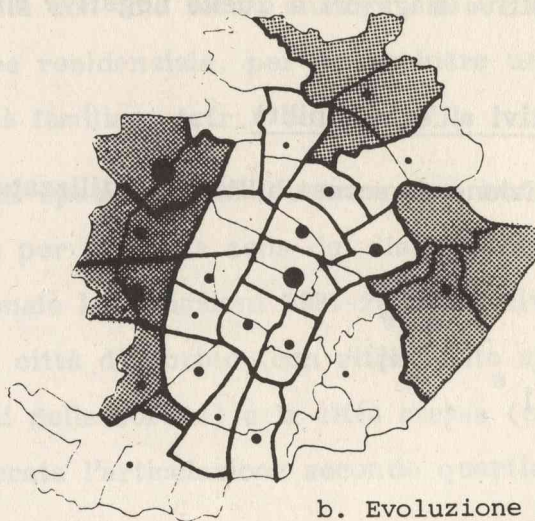


Figura 7.9 Variazione 1981-2000 della popolazione zonale nei tre scenari. Nella figura sono evidenziati i confini delle corone

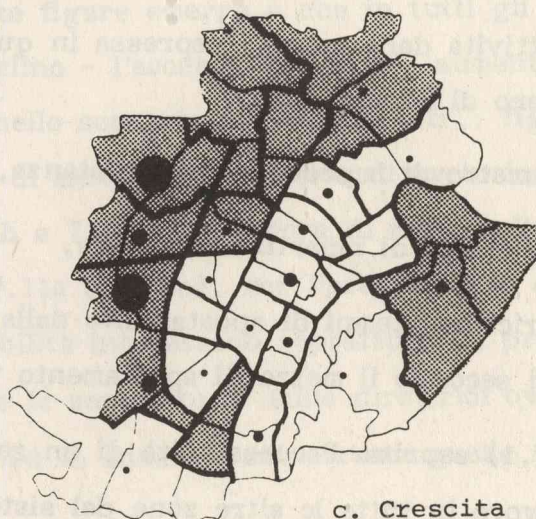
centinaia



a. Declino



b. Evoluzione più probabile



c. Crescita

Figura 7.10 Variazione 1981-2000 della popolazione nella città di Torino per i 23 quartieri

so di diffusione spaziale. Oltre al calo delle zone centrali (il più elevato della città) si coglie, chiaramente, in tutti gli scenari, la diminuzione di popolazione dei settori sud e sud-est. L'incremento maggiore, - come prevedibile - si verifica nei quartieri del settore ovest ed in misura relativamente minore in quelli dei settori nord ed est.

Anche per la città, analogamente a quanto osservato, per il complesso dell'area, gli effetti spaziali risultano più marcati nello scenario di crescita, nel quale i valori di popolazione fanno riconoscere le variazioni positive maggiori e quelle negative minori.

Risultati relativi all'accessibilità

La definizione di accessibilità qui utilizzata è basata sulla ben nota espressione:

$$Q_i = \sum_j W_j e^{-\theta \mu^v T_{ij}^v} \quad (7.1)$$

ove

Q_i è l'accessibilità della zona i , $i=1, 99$

W_j è l'attrattività della zona j , espressa in questo caso dal numero di addetti totali, $j=1, 99$

θ è il parametro di impedenza della distanza,

μ^v è il coefficiente di ripartizione modale, $v=1, 2$

T_{ij}^v è la matrice dei tempi di spostamento dalla zona i alla zona j secondo il mezzo di spostamento v .

L'eq. (7.1) esprime l'accessibilità di un residente nella zona i ai posti di lavoro in tutte le altre zone del sistema. Essa aumenta al

crescere dell'attrattività delle zone j ed al diminuire dei tempi di spostamento.

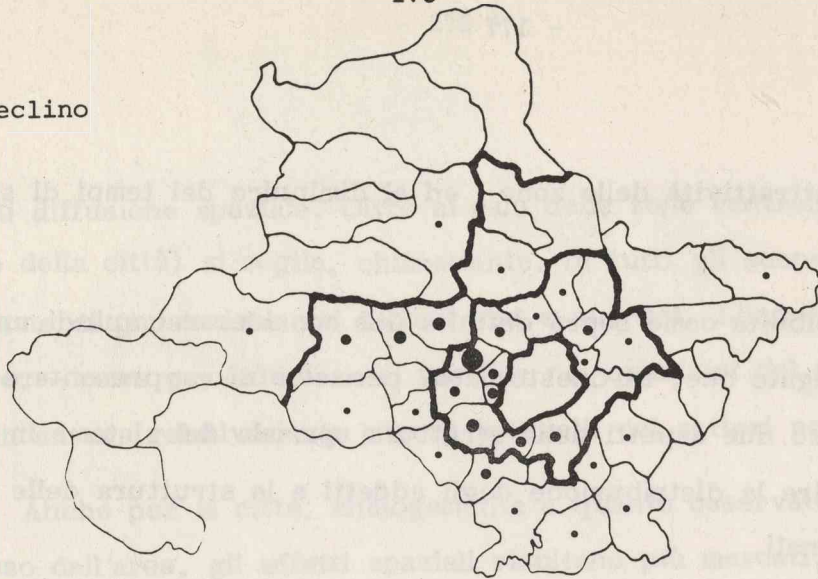
L'accessibilità come sopra definita può considerarsi, quindi, un indicatore aggregato che, in questo caso, permette di rappresentare in modo simultaneo due aspetti della struttura spaziale del sistema in esame vale a dire la distribuzione degli addetti e la struttura delle relazioni interzonali.

Come già detto, l'accessibilità è un output indiretto del modello. In realtà viene utilizzata con una forma analoga alla (7.2) nel sotto-modello di localizzazione residenziale, per determinare uno dei fattori della funzione di utilità familiare (cfr.: eq. 3.48).

Per ovvii motivi di spazio non si illustrano qui le traiettorie temporali dell'accessibilità per ciascuna zona del sistema. Se ne mostrano invece, a livello zonale le variazioni 1981-2000 nei diversi scenari per l'area esterna alla città di Torino (con riferimento alla quale sono evidenziati i confini delle corone) e la città stessa (con riferimento alla quale è considerata l'articolazione secondo quartieri), cfr.: figg. 7.11 e 7.12.

Ciò che da queste figure emerge è che in tutti gli scenari, - ed anche in quello di declino - l'accessibilità zonale aumenta. Detto aumento è più marcato nello scenario di crescita (cfr.: figg. 7.11c e 7.12c), relativamente di meno nello scenario di evoluzione più probabile (cfr.: figg. 7.11b e 7.12b) ed ancora di meno nello scenario di declino (cfr.: figg. 7.11a e 7.12a). Per l'area esterna alla città i miglioramenti di accessibilità interessano soprattutto la prima e seconda corona, in particolare le zone situate sulle direttrici ovest e sud-ovest (cfr.: fig. 5.1) ed in misura meno elevata quelle sulle direttrici nord-ovest ed est.

a. Declino



0 - 40

• 41 - 80

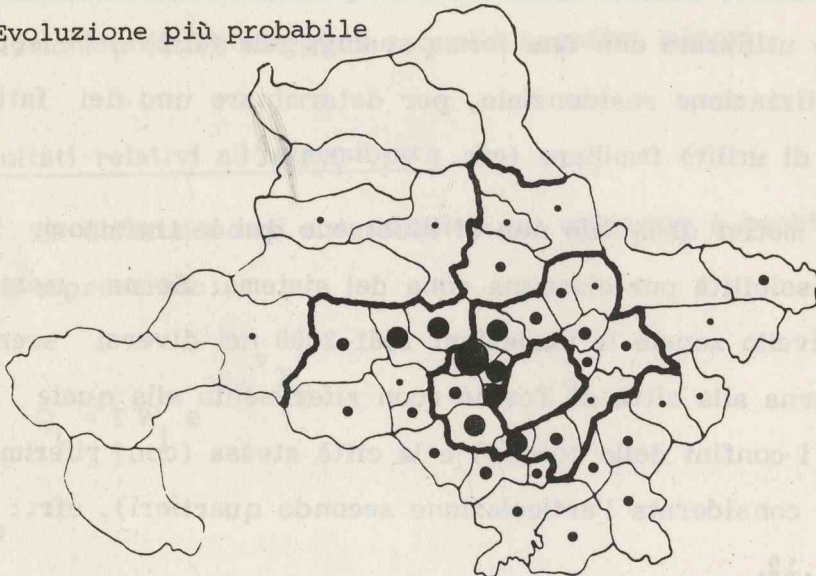
• 81 - 120

• 121 - 160

• 161 - 200

• > 200

b. Evoluzione più probabile



c. Crescita

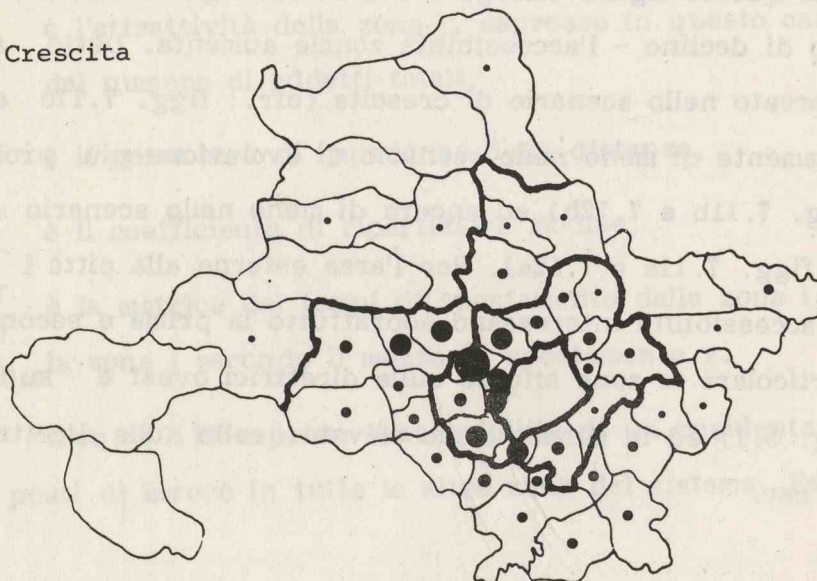
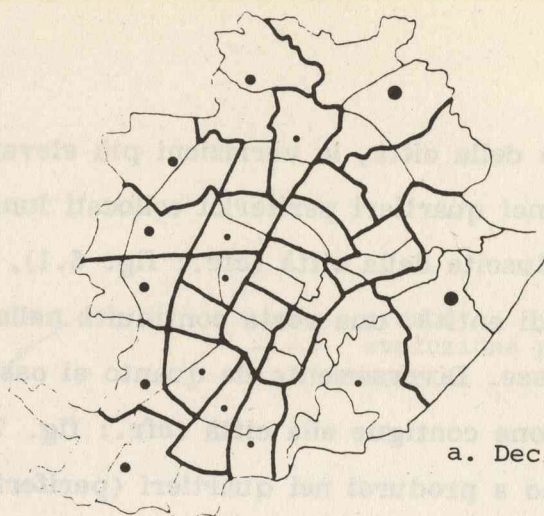
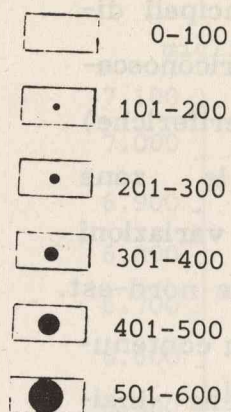
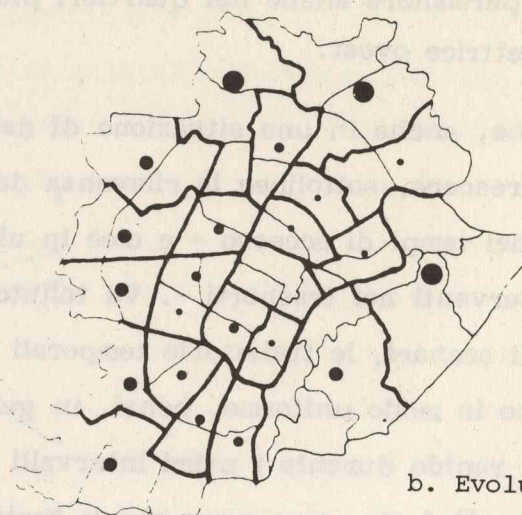


Figura 7.11 Variazione 1981-2000 dell'accessibilità zonale nei tre scenari. Nella figura sono evidenziati i confini delle corone

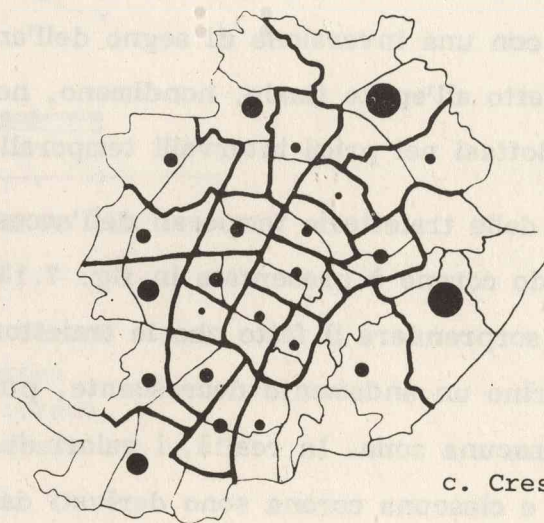
migliaia



a. Declino



b. Evoluzione più probabile



c. Crescita

Figura 7.12 Variazione 1981-2000 dell'accessibilità per i 23 quartieri della città di Torino nei tre scenari

All'interno della città, le variazioni più elevate dell'accessibilità, si manifestano nei quartieri periferici collocati lungo le principali direttrici di fuoriuscita della città (cfr.: fig. 5.1), facendo riconoscere, in termini di entità, una certa continuità nelle aree (periferiche) comprese tra esse. Diversamente da quanto si osserva per le zone della prima corona contigue alla città (cfr.: fig. 7.11), le variazioni massime tendono a prodursi nei quartieri (periferici) nord e nord-est. Per contro le variazioni dei quartieri ovest, per quanto più contenute, tendono a permanere anche nei quartieri più centrali, che insistono sulla direttrice ovest.

Il fatto che, anche in una situazione di declino, l'accessibilità zonale tenda a crescere, sottolinea la rilevanza dell'effetto prodotto da miglioramenti dei tempi di accesso - e cioè in ultima analisi, dell'impatto degli interventi nei trasporti -. Va tenuto presente, peraltro, che in tutti gli scenari, le traiettorie temporali dell'accessibilità zonale non crescono in modo uniforme, bensì, in generale, presentano un andamento più rapido durante i primi intervalli temporali, proseguendo poi in modo più lento, man mano che le traiettorie si avvicinano all'epoca finale. Nello scenario di declino detto effetto di rallentamento si manifesta con una inversione di segno dell'andamento delle traiettorie, il cui effetto all'epoca finale, nondimeno, non esaurisce ancora la crescita prodottasi nei primi intervalli temporali.

Un'analisi delle traiettorie temporali dell'accessibilità per l'articolazione secondo corone è presentata in fig. 7.13. Osservando questa figura può sorprendere il fatto che le traiettorie nello scenario di declino mostrino un andamento decrescente, pur aumentando l'accessibilità in ciascuna zona. In realtà, i valori di accessibilità per la città di Torino e ciascuna corona sono derivati dall'espressione seguente:

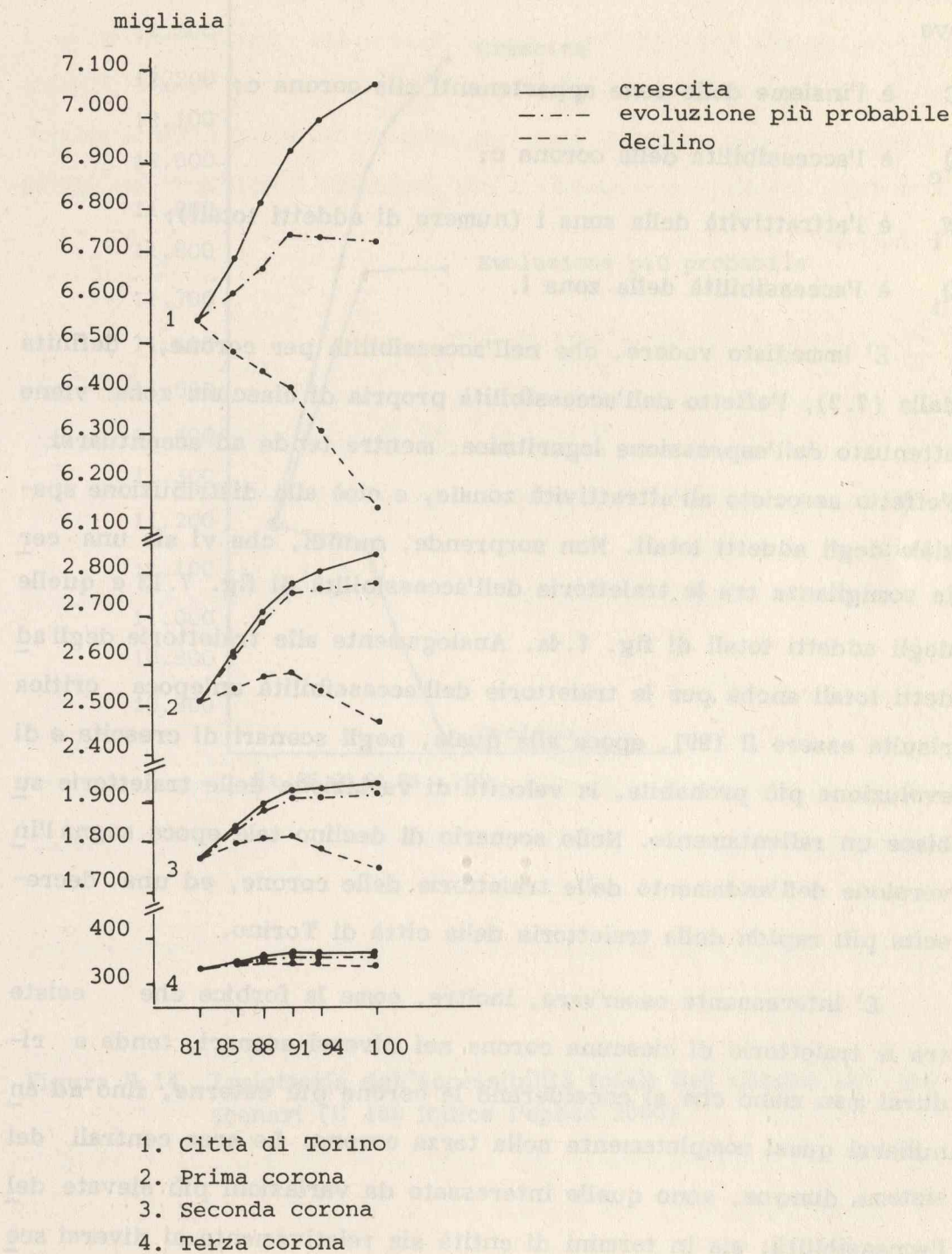


Figura 7.13 Traiettorie dell'accessibilità per le corone nei tre scenari (il 100 indica l'epoca 2000)

$$Q_c = \sum_i W_i \ln Q_i \quad i \in C \quad (7.2)$$

ove

C è l'insieme delle zone appartenenti alla corona c ;

Q_c è l'accessibilità della corona c ;

W_i è l'attrattività della zona i (numero di addetti totali);

Q_i è l'accessibilità della zona i .

E' immediato vedere, che nell'accessibilità per corone, definita dalla (7.2), l'effetto dell'accessibilità propria di ciascuna zona viene attenuato dall'espressione logaritmica, mentre tende ad accentuarsi l'effetto associato all'attrattività zonale, e cioè alla distribuzione spaziale degli addetti totali. Non sorprende, quindi, che vi sia una certa somiglianza tra le traiettorie dell'accessibilità di fig. 7.13 e quelle degli addetti totali di fig. 7.4a. Analogamente alle traiettorie degli addetti totali anche per le traiettorie dell'accessibilità un'epoca critica risulta essere il 1991, epoca alla quale, negli scenari di crescita e di evoluzione più probabile, la velocità di variazione delle traiettorie subisce un rallentamento. Nello scenario di declino tale epoca segnala l'inversione dell'andamento delle traiettorie delle corone, ed una decrescita più rapida della traiettoria della città di Torino.

E' interessante osservare, inoltre, come la forbice che esiste tra le traiettorie di ciascuna corona nei diversi scenari, tenda a ridursi man mano che si considerano le corone più esterne, fino ad annullarsi quasi completamente nella terza corona. Le aree centrali del sistema dunque, sono quelle interessate da variazioni più elevate dell'accessibilità, sia in termini di entità sia relativamente ai diversi scenari.

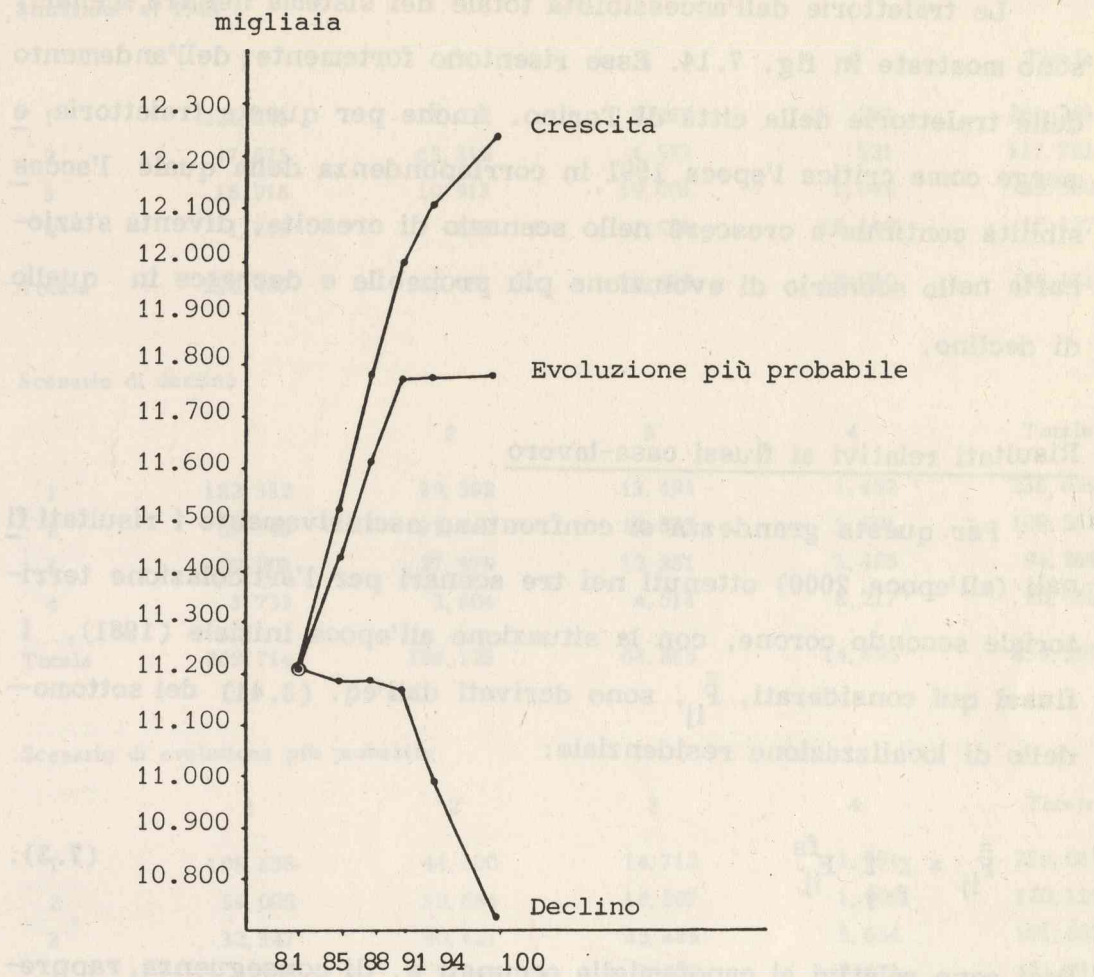


Figura 7.14 Traiettorie dell'accessibilità totale del sistema nei tre scenari (il 100 indica l'epoca 2000)

Le traiettorie dell'accessibilità totale del sistema nei tre scenari, sono mostrate in fig. 7.14. Esse risentono fortemente dell'andamento delle traiettorie della città di Torino. Anche per queste traiettorie emerge come critica l'epoca 1991 in corrispondenza della quale l'accessibilità continua a crescere nello scenario di crescita, diventa stazionaria nello scenario di evoluzione più probabile e decresce in quello di declino.

Risultati relativi ai flussi casa-lavoro

Per questa grandezza si confrontano esclusivamente i risultati finali (all'epoca 2000) ottenuti nei tre scenari per l'articolazione territoriale secondo corone, con la situazione all'epoca iniziale (1981). I flussi qui considerati, \bar{F}_{ij} , sono derivati dall'eq. (3.41) del sottomodello di localizzazione residenziale:

$$\bar{F}_{ij} = \sum_f \sum_j F_{ij}^{fs} \quad (7.3).$$

Essi sono relativi ai capofamiglia occupati e, di conseguenza, rappresentano solo una parte, peraltro considerevole, della mobilità per lavoro che in effetti può prodursi nel complesso dell'area.

Le principali osservazioni che si traggono dal confronto suddetto possono essere riassunte come segue:

- i. coerentemente ai risultati ottenuti per le precedenti grandezze, la mobilità complessiva nel sistema fa riconoscere, rispetto al 1981, una diminuzione nello scenario di declino (-5.5%) ed un aumento negli altri due scenari (ed in particolare in quello di crescita, +7.1%), cfr.: tabb. 7.2a e 7.2c;
- ii. in tutti gli scenari, la mobilità all'interno della città di Torino e

Situazione al 1981

	1	2	3	4	Totale
1	222.251	33.232	5.259	521	261.263
2	47.575	65.312	4.573	321	117.781
3	18.916	10.913	59.003	1.048	89.880
4	1.745	634	1.808	13.140	17.327
Totale	290.487	110.091	70.643	15.030	486.251

Scenario di declino

	1	2	3	4	Totale
1	182.332	39.392	13.493	1.482	236.699
2	53.746	35.148	17.877	1.791	108.562
3	29.903	27.979	32.981	3.405	94.268
4	3.733	3.604	4.514	8.217	20.068
Totale	269.714	106.123	68.865	14.895	459.597

Scenario di evoluzione più probabile

	1	2	3	4	Totale
1	198.658	44.100	14.712	1.591	259.061
2	59.005	39.694	19.507	1.909	120.115
3	32.347	30.421	35.485	3.634	101.887
4	4.155	3.987	4.923	8.671	21.736
Totale	294.165	118.202	74.627	15.805	502.799

Scenario di crescita

	1	2	3	4	Totale
1	207.945	44.875	14.842	1.600	269.262
2	62.162	40.770	19.826	1.931	124.689
3	33.858	30.936	36.001	3.695	104.490
4	4.407	4.086	5.019	8.804	22.316
Totale	308.372	120.667	75.688	16.030	520.757

A - valori assoluti

Tabella 7.2. Flussi casa-lavoro dei capofamiglia occupati tra la città di Torino e le corone al 1981 ed al 2000 nei tre scenari

Situazione al 1981

	1	2	3	4	Totale
1	45,72	6,83	1,08	0,11	53,74
2	9,78	13,43	0,94	0,07	24,22
3	3,89	2,24	12,13	0,22	18,48
4	0,36	0,13	0,37	2,70	3,56
Totale	59,75	22,63	14,52	3,10	100,00

Scenario di declino

	1	2	3	4	Totale
1	39,67	8,57	2,94	0,32	51,50
2	11,69	7,65	3,89	0,39	23,62
3	6,51	6,09	7,18	0,74	20,52
4	0,81	0,78	0,98	1,79	4,36
Totale	58,68	23,09	14,99	3,24	100,00

Scenario di evoluzione più probabile

	1	2	3	4	Totale
1	39,51	8,77	2,93	0,32	51,53
2	11,74	7,89	3,88	0,38	23,89
3	6,43	6,05	7,06	0,72	20,26
4	0,83	0,79	0,98	1,72	4,32
Totale	58,51	23,50	14,85	3,14	100,00

Scenario di crescita

	1	2	3	4	Totale
1	39,93	8,62	2,85	0,31	51,71
2	11,94	7,83	3,81	0,37	23,95
3	6,50	5,94	6,91	0,71	20,06
4	0,85	0,78	0,96	1,69	4,28
Totale	59,22	23,17	14,53	3,08	100,00

B - Valori percentuali sui flussi totali

Tabella 7.2. Flussi casa-lavoro dei capofamiglia occupati tra la città di Torino e le corone al 1981 ed al 2000 nei tre scenari

Scenario di declino

	1	2	3	4	
1	- 17,96	18,54	156,57	184,45	- 9,40
2	12,97	- 46,18	290,92	457,94	- 7,83
3	58,08	156,38	- 44,10	224,90	4,88
4	113,93	468,45	149,67	- 37,47	15,82
	- 7,15	- 3,60	- 2,52	- 0,90	- 5,48

Scenario di evoluzione più probabile

	1	2	3	4	
1	- 10,62	32,70	179,75	205,37	- 0,84
2	24,03	- 39,22	326,57	494,70	1,98
3	71,00	178,76	- 39,86	246,76	13,36
4	138,11	528,86	172,29	- 34,01	25,45
	1,27	7,37	5,64	5,16	3,40

Scenario di crescita

	1	2	3	4	
1	- 6,44	35,04	182,22	207,10	3,06
2	30,66	- 37,58	333,54	501,56	5,87
3	78,99	183,48	- 38,98	252,58	16,25
4	152,55	544,48	177,60	- 33,00	28,79
	6,16	9,61	7,14	6,65	7,10

C - variazioni percentuali rispetto al 1981

Tabella 7.2. Flussi casa-lavoro dei capofamiglia occupati tra la città di Torino e le corone al 1981 ed al 2000 nei tre scenari

di ciascuna corona tende a ridursi. Per la città tale risultato può giustificarsi anche intuitivamente tenendo presente che il processo di diffusione spaziale in tutti gli scenari, dalla città tende ad investire il resto del sistema. Per le corone essa indica, fondamentalmente, che le famiglie (con capofamiglia occupato) sono maggiormente propense ad affrontare spostamenti più lunghi, in particolare, da e verso le aree centrali del sistema;

- iii. in tutti gli scenari, cresce la mobilità da e verso la città di Torino. Inoltre - e ciò è di particolare interesse - rispetto alla situazione al 1981, in tutti gli scenari, la mobilità in uscita dalla città tende a crescere più velocemente che la mobilità in entrata. Negli scenari di evoluzione più probabile, di declino e di crescita, infatti, il rapporto entrate/uscite dalla città è, rispettivamente, 1,58 1,61 e 1,64, rispetto ad un rapporto di 1,75 della situazione al 1981. A questo proposito è interessante osservare come tale rapporto risulti meno elevato proprio nello scenario di evoluzione più probabile. Ciò che in questo scenario si produce è che:

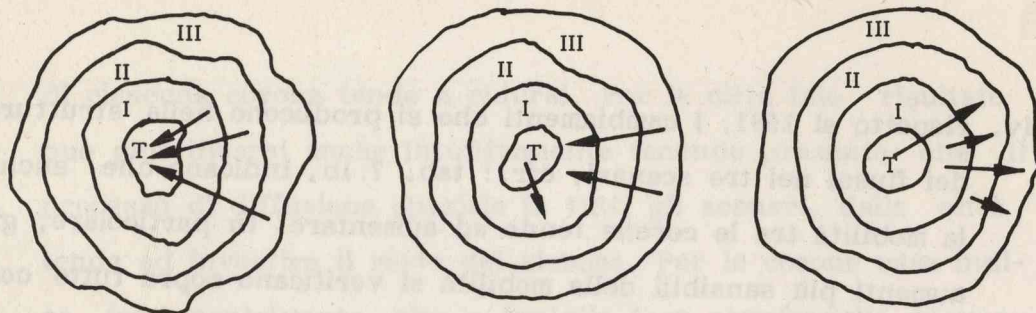
- rispetto allo scenario di crescita, la mobilità in entrata risulta apprezzabilmente minore, pur essendo il valore di mobilità in uscita sostanzialmente analogo in entrambi gli scenari suddetti;
- rispetto allo scenario di declino, la mobilità in uscita, sul totale della mobilità del sistema, tende ad essere più elevata di quella in entrata.

Si noti, per inciso, che quanto appena osservato, fornisce anche una spiegazione della posizione relativa delle traiettorie degli addetti e della popolazione nei tre scenari, cfr., rispettivamente, le figg. 7.4b e 7.8b;

iv. rispetto al 1981, i cambiamenti che si producono nella struttura dei flussi nei tre scenari, cfr.: tab. 7.1b, indicano che anche la mobilità tra le corone tende ad aumentare. In particolare, gli aumenti più sensibili della mobilità si verificano sopra tutto con la prima corona. La terza corona, inoltre, è quella che, in tutti gli scenari, fa riconoscere variazioni più elevate dei valori di mobilità, cfr.: tab. 7.2c.

I risultati sopra discussi sono particolarmente significativi per l'evidenza delle loro implicazioni. In particolare, da un punto di vista qualitativo (cfr. tab. 7.2b) essi suggeriscono che:

- in una situazione di crescita del sistema, un fenomeno di relati
va concentrazione verso la città di Torino tende ad accompagnar
si al processo di diffusione spaziale (cfr.: fig. 7.15a). L'importan-
za della città nel complesso dell'area del sistema apparirebbe,
quindi, riaffermarsi;
- in una situazione di evoluzione più probabile un fenomeno analo
go di relativa concentrazione tende a prodursi, interessando pe
rò la prima corona. In questo caso, inoltre, la prima corona ri-
sulta essere l'area che maggiormente risente del processo di dif
usione spaziale, dalla città verso l'area esterna, cfr.: fig. 7.15b.
Il calo, relativamente più accentuato della città, apparirebbe
quindi bilanciato da un aumento dell'importanza della prima coro
na;
- in una situazione di declino del sistema, il processo di diffusio
ne spaziale, tende ad investire in misura maggiore che non ne-
gli altri scenari, le corone più esterne, cfr.: fig. 7.15c.



a. Scenario di crescita b. Scenario di evoluzione più probabile c. Scenario di declino

Figura 7.15 Schemi qualitativi della struttura dei principali flussi tra la città di Torino e le corone nei tre scenari

8. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

8.1. Introduzione

Questo capitolo conclusivo del rapporto è dedicato ad una valutazione complessiva della sperimentazione modellistica sul sistema urbano di Torino. Essa si sofferma su alcuni punti che, in certa misura, astraggono dal caso specifico trattato ed offrono lo spunto per una serie di riflessioni di carattere più generale.

Il primo di essi ha per oggetto il processo di diffusione, un fenomeno che, pur con entità e modalità diverse, contraddistingue l'attuale fase di sviluppo della maggior parte delle aree metropolitane. Questo tema è affrontato in 8.2., prendendo come riferimento i risultati ottenuti dalle sperimentazioni condotte per il sistema urbano di Torino.

Il secondo punto, sviluppato in 8.3., concerne le potenzialità applicative del modello utilizzato. Le indicazioni che emergono in ordine all'implementazione operativa del modello ed alla definizione di indicatori di performance dei risultati possono costituire utili suggerimenti per lo sviluppo e l'applicazione di modelli di sistema urbano, concretamente inseriti nelle operazioni di piano.

Il terzo punto, infine, raccoglie in 8.4. alcune indicazioni di ricerca futura.

8.2. Diffusione spaziale e sviluppo urbano

I processi di sviluppo prodottisi nel periodo 1950-1980 (cfr.: 5.3) ed il complesso dei risultati ottenuti dalle sperimentazioni effettuate (cfr.: 7.3), indicano che anche per il sistema urbano di Torino è in

atto un processo di diffusione spaziale delle attività, dal centro dell'area (la città) verso l'esterno. Un processo di diffusione - o come con accezioni diverse viene anche indicato, un "urban rural shift" una "de-urbanizzazione", una "ruurbanizzazione" - è presente, con intensità e modalità diverse, nella maggior parte delle grandi concentrazioni metropolitane (cfr.: Aydalot, Camagni 1985; Mela, 1985; Bauer, Roux, 1976, Bryce (ed.) 1977, Klaassen et al. (eds.) 1981). Esso si manifesta, nei suoi aspetti più macroscopici, con un calo generale di popolazione della città, un'inversione dei flussi migratori dalla città verso l'esterno, e con processi di deindustrializzazione accelerata della città stessa, a favore dei centri periferici.

Si tratta di un processo assai complesso i cui effetti investono, in misura più o meno evidente, non solo gli aspetti morfologici della struttura urbana, ma anche quelli economici (ad esempio, cfr.: Costa, 1985; Cappellin, Grillenzoni, 1983, Bull, 1983), quelli sociologici (ad esempio cfr.: Remy e Voyé, 1981, Mela, 1985, Detragiache, 1985) e quelli demografici (ad esempio, cfr.: Rogers et al., 1984). Si tratta, inoltre, di un processo che si manifesta pur con aspetti diversi anche se in parte sostituibile tra le diverse scale territoriali di analisi, da quelle inter ed intraregionali a quelle inter ed intraurbane (ad esempio, cfr.: Costa, 1985; Brown, 1981).

L'approccio di analisi sviluppato in questo studio sul sistema urbano di Torino ha permesso, fondamentalmente, di riconoscere: i. le implicazioni spaziali del processo di diffusione in atto; ii. le caratteristiche spaziali del processo di diffusione che, presumibilmente, potrebbe prodursi nell'area di studio nei prossimi anni.

L'enfasi posta sul termine spaziale può apparire ridondante ma

è un attributo necessario che va precisato per qualificare il tipo di diffusione riconosciuto in questo studio. In altri termini, la questione è la seguente: quali specifici aspetti della struttura del sistema urbano - così come è stata definita in 2.2. - sono coinvolti dal processo di diffusione spaziale di cui si sta trattando?

A prima vista la risposta può sembrare banale. Da un punto di vista intuitivo è evidente, infatti, che i risultati discussi in 7.3. si riferiscono, nel complesso, ad elementi che tipicamente connotano l'assetto spaziale del sistema: distribuzione spaziale degli addetti, delle residenze, della popolazione, flussi casa-lavoro, accessibilità, ecc..

Una risposta precisa, tuttavia, richiede una riflessione più attenta. In questo caso occorre richiamare la descrizione della struttura di sistema urbano sviluppata in 2.1., reinterpretandola, per convenienza, tramite alcuni concetti generali più familiari ad un approccio di tipo geografico (cfr.: Bourne, 1982).

Questi concetti sono quelli di:

- i. forma urbana: definita come la configurazione spaziale o "l'assetto" di elementi individuali - quali lo stock e gli usi del suolo (in generale, l'ambiente costruito), nonché i gruppi sociali, le attività economiche e le istituzioni pubbliche - all'interno dell'area urbana;
- ii. l'interazione urbana: intesa come l'insieme delle interrelazioni, dei legami e dei flussi, che operano "nell'integrare" la configurazione ed il comportamento degli elementi individuali sopra menzionati in entità funzionali, ossia in sottosistemi;
- iii. la struttura spaziale urbana: intesa come la combinazione di una forma urbana, alla quale sono idealmente sovrapposte le configu-

razioni di comportamento e di interazione proprie dei sottosistemi, con un insieme di regole di organizzazione che legano i sottosistemi fra di loro nel sistema città.

Alla luce dei concetti sopra indicati, consegue che i risultati ottenuti in ordine alla distribuzione degli addetti, delle abitazioni, della popolazione (nonché degli usi del suolo), possono considerarsi relativi alla forma urbana, e quelli in ordine ai flussi casa-lavoro ed all'accessibilità possono considerarsi aspetti dell'interazione urbana.

In questo senso, il processo di diffusione spaziale riconoscibile dall'analisi dei risultati suddetti concerne, fondamentalmente, la "forma urbana" e, secondariamente, alcuni aspetti dell'interazione urbana.

Tenendo presente, inoltre, la discussione in ordine ai meccanismi di funzionamento del sistema urbano (cfr.: 2.3.), è chiaro, anche, che il processo di diffusione spaziale è l'insieme dei possibili effetti spaziali che si producono a seguito dell'insorgere di eventi che, nel tempo, modificano la struttura del sistema urbano. Nel presente studio gli eventi considerati - rappresentati sia dalle ipotesi definitorie degli scenari socioeconomici di riferimento, sia dalle politiche urbane sondate - possono essere definiti di tipo evolucionistico, nel senso che il loro impatto sulla struttura spaziale del sistema produce, nel complesso, cambiamenti gradualmente nelle traiettorie di evoluzione del sistema, o quanto meno, l'impatto di tali eventi, non produce cambiamenti tali (ad esempio di tipo catastrofico) da provocare variazioni brusche delle traiettorie di evoluzione e, di conseguenza, trasformazioni radicali del sistema stesso. Il processo di diffusione spaziale che risulta da tale impatto è, di fatto, una continuazione in certa misura prevedibile del processo di diffusione spaziale attualmente in atto nel sistema (cfr.: 5.2).

Ciò che di esso viene studiato, sono - come descritto in 7.3. - le caratteristiche e le modalità, ossia gli effetti spaziali ad esso associati che si determinano al variare dell'impatto degli eventi considerati.

Considerando tali eventi come "fattori di cambiamento" rispetto alla situazione attuale del sistema (cfr.: Brown, 1968), l'approccio di analisi qui configurato, può essere ricondotto all'interno del filone di studi sulla diffusione dell'innovazione. In particolare, utilizzando una classificazione di questi studi suggerita da Brown (1981), il presente approccio può collocarsi fra quegli studi che concentrano l'attenzione sulla prospettiva spaziale del processo di diffusione, in contrapposizione a quelli che ne esaminano le "prospettive funzionali", vale a dire i meccanismi e le decisioni che guidano il processo di diffusione nelle sue manifestazioni [cfr.: fig. 8.1, tratta da Brown (1981) che cerca di inquadrare in uno schema generale gli aspetti fondamentali, trattati, spesso in modo confuso e contraddittorio dagli studi sulla diffusione dell'innovazione].

L'approccio di analisi di questo studio, si colloca nel blocco di fig. 8.1 relativo alla forma urbana con riferimento alla quale sono evidenziate tre principali configurazioni spaziali - gerarchica, di vicinato, casuale - generalmente osservate negli studi sperimentali, che possono essere prodotte dal processo di diffusione. Va osservato, nondimeno, che il presente approccio non è stato volto al riconoscimento delle configurazioni del tipo menzionato. Ciò che ha cercato di esaminare sono, come visto, da un lato gli effetti spaziali persistenti (del processo di diffusione spaziale stesso), ossia gli effetti che permangono al variare dell'impatto degli eventi considerati - e dall'altro le eventuali criticità che a tali effetti spaziali possono accompagnarsi.

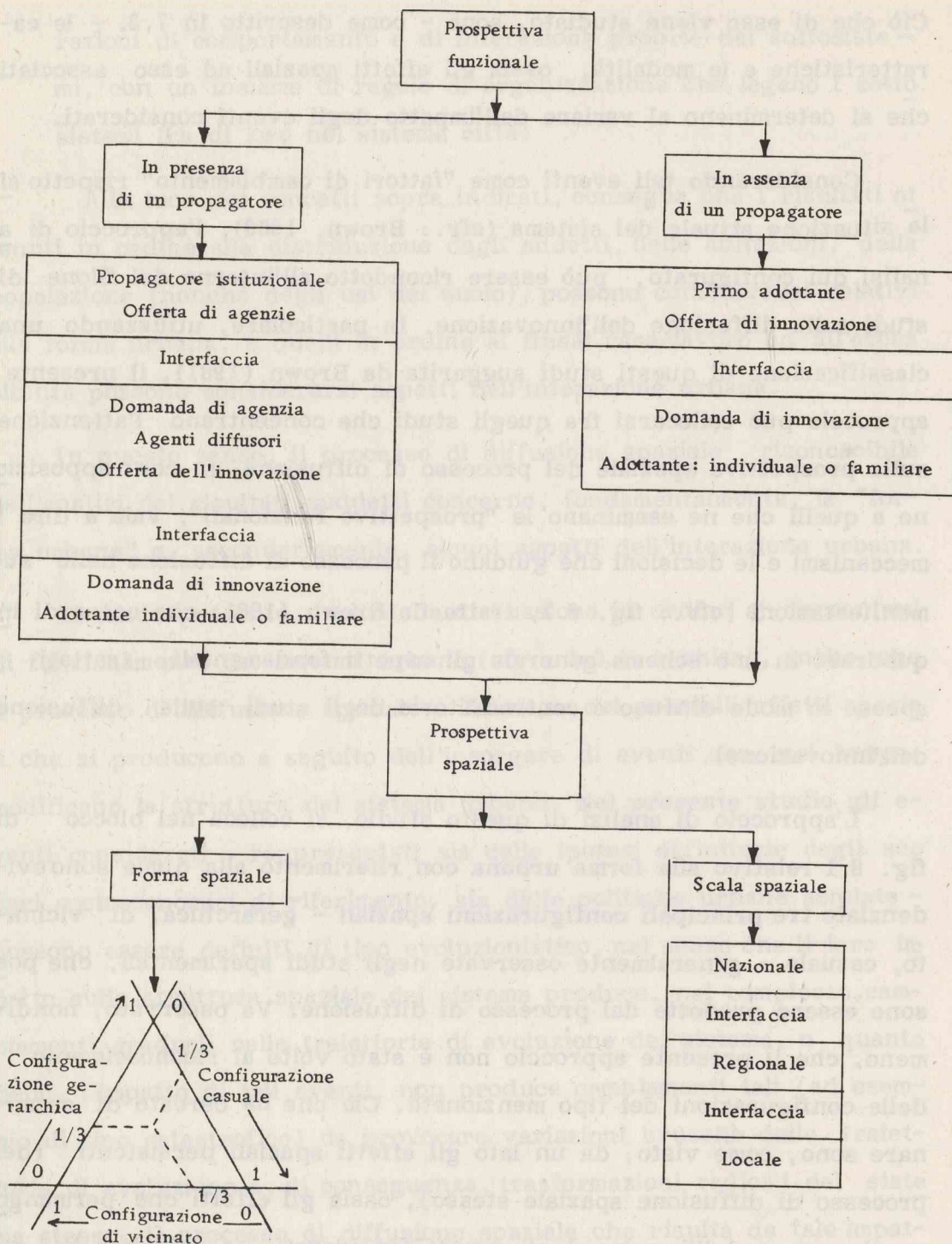


Figura 8.1 Schema riassuntivo delle prospettive di analisi del processo di diffusione dell'innovazione (tratta da Brown, 1981, p. 41)

Si noti, per inciso, che gli eventi considerati - definiti nelle configurazioni dei diversi esperimenti sulla base degli scenari di referimento predisposti e delle politiche urbane sondate, cfr. 7.2. - possono essere definiti secondo la prospettiva funzionale di fig. 8.1 -, come i propagatori del processo di diffusione.

L'analisi degli effetti prima menzionati è stata condotta sulla base di due principali serie di risultati (cfr.: 7.3.), la prima ottenuta da esperimenti volti ad esplorare le curve di variazione dello stato del sistema all'epoca finale assunta (2000) e la seconda ottenuta da esperimenti volti ad approfondire l'analisi di alcune delle possibili traiettorie di evoluzione del sistema, dall'epoca iniziale (1981) a quella finale assunta (2000).

Riassumendo brevemente i principali risultati generali sono:

- i. in tutti gli scenari socioeconomici considerati (di declino, evoluzione più probabile e crescita), l'introduzione del complesso delle politiche urbane sondate, produce sull'assetto del sistema una accentuazione - rispetto ad una situazione di assenza di politiche - del processo di diffusione spaziale delle attività, dalla città verso l'area esterna del sistema;
- ii. la popolazione, output del principale sottomodulo del modello di simulazione, è la grandezza con riferimento alla quale meglio si coglie il processo di diffusione spaziale e le sue diverse accentuazioni all'interno degli scenari;
- iii. le politiche di trasporto risultano essere quelle maggiormente incisive nel determinare la diffusione spaziale del sistema;
- iv. il processo di diffusione spaziale interessa, in modo prevalente, le

corone più interne dell'area (e queste, sopra tutto, nella loro parte occidentale). In particolare, mentre la seconda corona appare essere un'area nella quale, in tutti i casi, un processo di crescita tende in qualche misura a prodursi, la prima corona risulta essere un'area critica, nella quale cambiamenti, anche inattesi, possono verificarsi.

In particolare, per quanto riguarda la prima serie di risultati si è osservato che:

- i. indipendentemente dalle politiche urbane considerate - assetti alternativi degli usi del suolo (di progetto) influiscono in modo diverso sul processo di diffusione spaziale che si produce nei tre scenari. In una situazione di declino socioeconomico, infatti, tale processo risente in misura assai debole di assetti alternativi degli usi del suolo, mentre in una situazione di crescita esso può venirne fortemente condizionato;
- ii. con riferimento alla popolazione - i principali effetti spaziali che, sostanzialmente, permangono al variare dello scenario socioeconomico di riferimento sono:
 - l'effetto di diffusione spaziale si produce solo con l'introduzione delle politiche di trasporto. Ciò indicherebbe che solo in presenza di miglioramenti dell'accessibilità nelle altre parti del sistema, l'effetto attrattivo che la città esercita sul comportamento localizzativo della popolazione tenderebbe ad attenuarsi;
 - l'effetto di diffusione spaziale che consegue dall'introduzione delle altre politiche localizzative risulta analogo a quello che deriva da miglioramenti di accessibilità, contribuendo in presenza di questi ultimi a rafforzarne l'intensità;

iii. con riferimento alla popolazione - le principali criticalità che ten dono ad accompagnarsi agli effetti spaziali persistenti sono:-

- l'impatto delle politiche di trasporto (indipendentemente dalle al tre politiche localizzative e dai diversi assetti dell'uso del suolo) appare maggiore sulla città di Torino e sulla seconda corona; inoltre, al crescere dell'accessibilità, un fenomeno di progressiva saturazione tende a manifestarsi nella prima corona, innescando, contemporaneamente, il processo di diffusione spaziale nella seconda corona;
- considerando i diversi assetti degli usi del suolo (in presenza delle politiche di trasporto ed indipendentemente dalle altre politiche localizzative), gli effetti maggiori di diffusione spaziale si producono in presenza dell'assetto dei suoli di massima disponibilità (interessando sopra tutto la seconda e la terza corona) e quelli minori, in presenza dei suoli di piano (calo minore della città ed aumento più elevato della prima corona). Pur determinando effetti già compresi fra quelli dei due casi preceendenti, l'introduzione dei suoli di parziale disponibilità produce un aumento significativo dell'importanza della prima corona, accompagnato da un calo ulteriore della città e da un aumento assai più modesto della seconda corona.

Per quanto riguarda la seconda serie di risultati:

- i. in tutti gli scenari, per tutte le principali grandezze considerate (popolazione, abitazioni ed addetti), il processo di diffusione spaziale fa riconoscere, in generale, tre intensità di evoluzione: la prima, quella più elevata si produce nei primi due intervalli temporali considerati (1981-1985, 1985-1988); la seconda, meno eleva

ta della prima, nei due intervalli successivi (1988-1991, 1991-1994) e la terza, la meno elevata delle tre, nell'ultimo intervallo (1994-2000).

Ne consegue che la maggior parte degli effetti spaziali di diffusione appare manifestarsi in misura sostanziale, già al 1988. L'insieme degli interventi (relativi ai trasporti ed alle altre attività) previsti nelle prime due fasi temporali, risultano, quindi, quelli maggiormente incisivi nel determinare il processo di diffusione spaziale del sistema;

- ii. in tutti gli scenari, oltre all'epoca 1988, emerge come critica l'epoca 1991 (epoca finale dell'introduzione delle politiche) in corrispondenza della quale, le traiettorie delle diverse grandezze, subiscono variazioni che poi sostanzialmente permangono fino all'epoca finale (2000). In generale, tali variazioni sono date semplicemente, da una minore velocità di variazione delle traiettorie stesse, ma in alcuni casi, come ad esempio in alcune traiettorie della accessibilità totale del sistema, possono manifestarsi con un cambiamento, anche brusco, dell'andamento. Dal 1991 fino all'epoca finale, 2000, il processo di diffusione spaziale del sistema, non più sostenuto dall'introduzione delle politiche, appare proseguire in modo inerziale, governato, fondamentalmente, dai tassi di variazione dei diversi scenari;
- iii. con riferimento ai tre scenari socioeconomici, il confronto delle traiettorie degli addetti con quelle della popolazione e dell'accessibilità e, in particolare, l'analisi dei flussi casa lavoro, mostrano che esistono alcune differenze qualitative, particolarmente significative, nelle relazioni città-resto del sistema sottese al processo di diffusione spaziale che si produce in ciascuno scenario. Preci-

samente, in estrema sintesi:

- in una situazione di crescita del sistema - (vale a dire di sviluppo dei settori terziari e di aumento di popolazione) emerge un fenomeno di relativa concentrazione delle attività verso le aree centrali del sistema (in particolare verso la città di Torino). In questo caso, generali miglioramenti di accessibilità delle altre parti del sistema (conseguenti dalle politiche di trasporto e dalle altre politiche localizzative) paiono contribuire a dotare la città e le zone immediatamente contigue di un nuovo potenziale attrattivo;
- in una situazione di declino del sistema (vale a dire di forte contrazione dell'occupazione di base, di stasi dell'occupazione terziaria e di calo di popolazione) emerge un duplice fenomeno di relativo contenimento del calo della città e di relativa estensione degli effetti spaziali di diffusione alle aree più periferiche del sistema (seconda e terza corona). In questo caso, generali miglioramenti di accessibilità del sistema paiono, da un lato, tamponare il calo della città e dall'altro, innescare effetti di diffusione spaziale dalla prima corona verso le corone più esterne;
- in una situazione di evoluzione più probabile del sistema (vale a dire di continuazione del trend attuale, contrazione dell'occupazione di base, debole sviluppo dell'occupazione terziaria ed invarianza della popolazione) emerge sopra tutto un aumento dell'importanza relativa della prima corona, sia come naturale bacino di travaso della città, sia come area di elezione degli scambi con le altre aree esterne alle città. In questo caso, generali miglioramenti di accessibilità del sistema paiono favorire il processo di suburbanizzazione della città.

I risultati discussi mettono in luce la molteplicità di effetti che possono accompagnarsi ad un processo di diffusione spaziale del sistema urbano, un processo che, come visto, interessa principalmente la "forma urbana". Da un punto di vista dell'uso di tali risultati nelle operazioni di piano, essi nel loro complesso costituiscono una base conoscitiva di riferimento dalla quale:

- derivare indicazione per prefigurare negli aspetti qualitativi e quantitativi, le possibili configurazioni spaziali future del sistema urbano allo studio;
- determinare una misura degli effetti che mix di politiche urbane possono produrre sulle configurazioni spaziali future;
- ottenere suggerimenti per ulteriori sperimentazioni da condurre con il modello utilizzato o per altre più specifiche analisi.

Da un punto di vista delle implicazioni di natura più strettamente teorico-metodologico, i risultati ottenuti sollevano alcune questioni di interesse in future analisi del sistema urbano.

Le differenze qualitative (relazioni città-resto del sistema) che emergono nel processo di diffusione spaziale per i diversi scenari paiono, nella sostanza, coerenti con quanto in generale osservato in alcuni studi sullo sviluppo economico delle aree metropolitane (ad esempio cfr.: Costa 1985, Aydalot, 1985, Bull, 1983).

Secondo questi studi, i processi di diffusione oggi in atto nelle concentrazioni urbane sono imputabili ad una generale crisi delle città, o più precisamente, ad una crisi dello sviluppo industriale delle città. Come conseguenza, ad un rallentamento di tale sviluppo (ed in particolare del suo ciclo di innovazione) tende a corrispondere una tendenza

alla diffusione delle attività produttive del centro verso la periferia. La velocità di tale diffusione dipende dal ciclo di innovazione che si sta vivendo (cfr.: Costa, 1985). Le analogie che possono trarsi con i risultati ottenuti per gli scenari di declino e di evoluzione più probabile sono evidenti.

Un'ovvia implicazione è allora che una situazione di crescita, caratterizzata da una progressiva terziarizzazione economica, e, presumibilmente, dalla presenza di tecnologie innovative, potrebbe generare, nuovamente, processi di concentrazione spaziale.

Il problema nondimeno è più complesso. Nel presente studio gli scenari socioeconomici di riferimento considerati, assunti in modo esogeno, e l'impatto delle politiche urbane sondate, producono gli effetti di diffusione spaziale di cui si è detto, in una condizione di invarianza delle relazioni funzionali delle regole di organizzazione del sistema. Variazioni di situazioni socioeconomiche di riferimento potrebbero sottendere - in un arco di tempo non molto lungo - cambiamenti anche significativi di tali relazioni e regole.

8.3. Implementazione del modello ed indicatori di performance

La caratteristica essenziale del modello utilizzato in questo studio, e cioè il fatto di essere un modello di sistema urbano a larga scala, rende possibile:

- i. ottenere all'epoca temporale desiderata ed al livello di articolazione spaziale voluto (zone, corone ed altre aggregazioni zonali) una gamma di risultati molto ricca;
- ii. predisporre un numero elevato di esperimenti di simulazione attra

- traverso i quali esplorare le traiettorie temporali di evoluzione, nonché le risposte del sistema all'impatto delle politiche urbane;
- iii. seguire, tramite un'applicazione routinaria del modello, i processi di trasformazione spaziale più macroscopici in atto.

Un aspetto associato alla caratteristica suddetta la quale, in certa misura, costituisce un vincolo all'effettiva potenzialità applicativa di questo modello è la sua scarsa maneggevolezza, dovuta principalmente a:

- l'impossibilità di un uso interattivo del modello, ciò che in pratica, si traduce in un tempo di attesa relativamente lungo per disporre degli output;
- la difficoltà di una lettura e di un'analisi immediata degli output (ciò che si traduce anche in un problema di interfaccia tra gli output numerici ed una loro immediata rappresentazione diagrammatica e cartografica).

Nondimeno, il rilassamento di questi vincoli unitamente ad un potenziamento dell'efficienza e dell'efficacia dello strumento modellistico possono essere raggiunti con relativa facilità, operando una revisione della versione operativa del modello. Caratteristiche essenziali di tale revisione sono riassumibili nelle seguenti: a. compattamento dimensionale del modello. Esso presenta due aspetti: una riduzione del range di variazioni degli indici delle variabili del modello (in particolare degli indici zonali); e, b. parallelamente, il trasferimento della gestione del modello da un computer "grande" (mainframe) con potenti capacità di calcolo ed elevata disponibilità di memoria ma con costi inevitabilmente elevati - ad un computer "piccolo" (mini o personal computer)

con capacità di calcolo e disponibilità di memoria relativamente meno e levate, ma con costi fortemente più contenuti. Flessibilità, autonomia e routinarietà sono aspetti fondamentali della gestione del modello che possono venire significativamente potenziate dalla operazione di com- pattamento. Per quanto attiene all'uso del modello, inoltre, interattivi- tà e rappresentazione grafica dei risultati, sono ulteriori caratteristi- che che l'operazione suddetta consentirebbe di introdurre agevolmen- te.

Recentemente, il rapido sviluppo delle tecnologie connesse a mi- ni e personal computers ed alle workstations sta diffondendo, anche nel campo degli studi di carattere territoriale, strumenti di lavoro sem- pre più potenti e perfezionati a costi sempre meno elevati. I mezzi di comunicazione grafica dell'informazione forniti dai sistemi di grafica a calcolatore, inoltre, stanno aprendo nuove vie ai metodi tradizionali di trattamento dei dati. Così come gli anni '60 e gli anni '70 sono stati definiti come l'era, rispettivamente, dei numeri e delle parole a calcola- tore, gli anni '80 paiono caratterizzarsi come l'era della grafica a cal- colatore (cfr.: Teicholz e Berry, 1981, Salvemini, 1985, Van Dam, 1984). Già nella prima metà degli anni '50 Schmid (1954) riconosceva alla rappresentazione grafica i seguenti vantaggi:

- i. economia di tempo, in quanto sintetizza le principali caratteristi- che di grandi quantità di dati;
- ii. capacità di attirare l'interesse e di focalizzare l'attenzione, in quanto rende più facile mettere in luce le implicazioni di un in- sieme di informazioni;
- iii. stimolo alla riflessione analitica ed alla formulazione di ipotesi, in quanto rende possibile riconoscere risultati e relazioni che con al

tre rappresentazioni non sarebbero evidenti.

Inoltre, - e ciò è di particolare interesse - le possibilità di governare e processare le informazioni, offerte dalla rappresentazione grafica possono costituire un valido supporto nel processo decisionale che segue una fase di valutazione di risultati di uno studio (cfr.: Dan germond, 1983).

Alla luce delle considerazioni sopra avanzate risulta chiaro che e sistono oggi, nuove potenzialità per lo sviluppo operativo dei modelli a larga scala. In questo senso, almeno quattro dei sette "peccati" rico nosciuti da Lee (1973) nella sua critica ai modelli a larga scala possono venire cancellati; precisamente: l'approssimazione dei risultati (gros sness), la massiccia quantità di dati richiesti (hungriness), la com plessità del funzionamento (complicatedness), ed il costo dell'implemen tazione operativo del modello (expensiveness).

Indicatori di performance

Nell'illustrare i risultati delle sperimentazioni condotte con il modello, sono stati considerati, volta per volta, gli output relativi a cia scuna delle principali grandezze. L'analisi e l'interpretazione incrociata di tali output hanno permesso di riconoscere gli effetti fondamentali che possono derivare da un processo di diffusione spaziale del sistema urbano allo studio. La molteplicità di aspetti che emergono dalla discus sione di tali effetti (cfr.: 8.2.) suggerisce l'opportunità di disporre di indicatori di performance che, in qualche modo, consentano di "o- rientare" meglio i risultati del modello agli oggetti direttamente interes sati dalle operazioni di piano. In particolare, nel caso specifico, gli in dicatori dovrebbero:

- i. rendere più agevole l'individuazione e l'interpretazione degli ef
fetti spaziali fondamentali prodotti dall'impatto delle politiche ur
bane;
- ii. fornire delle informazioni sintetiche utili nella fase di valutazio
ne dei risultati del modello;
- iii. permettere un approfondimento delle implicazioni dei risultati ot
tenuti.

L'esigenza di definire degli indicatori di performance si pone, in generale, per tutti i modelli sviluppati espressamente come strumenti di aiuto nell'attività di piano. Spesso, infatti, i risultati determinati da tali modelli non si dimostrano sufficientemente adeguati per rispon
dere agli obiettivi di fondo sottesi ai modelli stessi, vale a dire, prin
cipalmente, per l'investigazione dei problemi e la valutazione delle po-
litiche di piano.

Secondo Clarke e Wilson (1986), inoltre, è opportuno calcolare una gamma sufficientemente ampia di indicatori di performance che, nel loro complesso, siano in grado di caratterizzare le situazioni di analisi tramite, di solito, l'interpretazione umana. Ciò sottende un concetto di indicatori molto generale, applicabile ad oggetti e campi di analisi diversi (ad esempio, cfr.: Rossi e Gillmartin, 1980). Nel caso del presente modello, ed in generale dei modelli inseriti nelle attività di pianificazione, gli indicatori di performance dovrebbero essere riferiti alle attività, alle loro organizzazioni spaziali ed ai modi attraverso i quali attività ed organizzazione spaziali sono messi in relazione. Essi si fon
dano, quindi, su un concetto di interazione spaziale, ed in questo senso si differenziano dall'approccio tradizionale alla definizione degli ind
icatori (cfr.: Clarke e Wilson, 1986).

In particolare, si possono riconoscere due tipi fondamentali di indicatori di performance (cfr.: Wilson, 1986): i. quelli che si riferiscono agli individui ed alle famiglie, secondo la localizzazione residenziale, ma in relazione ai modi secondo i quali vengono serviti dalle diverse attività (e dalla loro organizzazione spaziale); ii. quelli che si riferiscono all'efficienza ed ai ruoli delle diverse attività (in relazione, naturalmente alla loro localizzazione).

Il primo tipo di indicatore (\hat{E}_i) può essere considerato rappresentativo "dell'efficacia", nelle zone di residenza, dell'approvvigionamento di beni e servizi forniti dalle diverse attività, mentre il secondo tipo (\bar{E}_j) può considerarsi rappresentativo "dell'efficienza" nelle zone di produzione dell'approvvigionamento dei beni e servizi.

Analiticamente, questi due tipi di indicatori possono essere espressi, in una forma generale, come:

$$\text{indicatori di efficacia } \hat{E}_i = \left[\sum_j \frac{T_{ij}}{T_{i*}} \cdot W_j \right] / P_i \quad (8.1)$$

$$\text{indicatore di efficienza } \bar{E}_j = \left[\sum_i \frac{T_{ij}}{T_{i*}} \cdot P_i \right] / W_j \quad ; \quad (8.2)$$

ove

T_{ij} sono i flussi interzonalari tra le zone di residenza i e le zone di produzione j ;

W_j è la quantità di beni o servizi forniti nella zona di produzione j ;

P_i è la popolazione nella zona di residenza i .

Si noti che il termine in parentesi quadra dell'espressione (8.1) rappresenta l' "approvvigionamento effettivo", ossia l'aliquota complessiva dei beni o servizi utilizzati dai residenti nella zona i. Analogamente il termine in parentesi quadra dell'espressione (8.2), rappresenta la "popolazione dell'area di mercato" ossia l'aliquota complessiva della popolazione che usufruisce dei beni e servizi forniti da una certa attività.

Sulla base dei due tipi fondamentali sopra individuati, la gamma di indicatori di performance che può essere derivata dagli output del presente modello dovrebbe essere specificata in relazione ad almeno cinque principali punti di vista:

- i. la residenza: intendendo con ciò, tutte le dimensioni essenziali che caratterizzano la qualità della vita nel sistema urbano; vale a dire, principalmente, il reddito, la qualità delle abitazioni e dell'ambiente, le opportunità di lavoro, la disponibilità di servizi, i costi di trasporto;
- ii. le attività: intendendo con ciò, sia i modi attraverso i quali il livello di attività in una certa zona influenza l'approvvigionamento di beni e servizi alle altre attività ed ai residenti, sia il ruolo che l'organizzazione spazio-funzionale delle attività stesse riveste nel mercato del lavoro;
- iii. i profili delle aree: intendendo con ciò, i possibili modi di caratterizzare e classificare le aree del sistema urbano in relazione, ad esempio, al tipo (secondo l'uso del suolo, o l'attività prevalente, o il gruppo socioeconomico residente ecc.), al ruolo dell'area stessa nei vari "mercati" (delle abitazioni o del lavoro) o ad una misura del livello di "equilibrio" dell'area stessa (espresso ad esem-

pio in termini della differenza tra posti di lavoro esistenti nell'area a livello di occupazione della popolazione residente o della differenza tra reddito e consumo delle famiglie);

- iv. la diagnostica: intendendo con ciò un'analisi della significatività degli indicatori determinati con riferimento alla residenza, alle attività ed ai profili delle aree. Tale analisi può essere condotta ad esempio tramite un'analisi fattoriale, o un esame della variabilità statistica degli indicatori stessi tra le zone dell'area;
- v. il conseguimento degli obiettivi posti dalle politiche di piano: intendendo con ciò, ad esempio, una misura percentuale dell'obiettivo raggiunto da una certa politica (ogniqualevolta, naturalmente, sia possibile specificare la politica di piano in termini di obiettivi da conseguire).

L'accessibilità residenziale calcolata nel presente studio, sulla base della distribuzione spaziale dei posti di lavoro e dei tempi di viaggio interzonali, costituisce un esempio di indicatore relativo alla residenza, nel senso sopra accennato. Si è visto come l'analisi delle traiettorie temporali di questo indicatore, nei tre scenari socioeconomici di riferimento assunti, abbia permesso di evidenziare gli effetti dell'impatto delle politiche considerate, relativamente a tre diverse ipotesi di evoluzione socioeconomica del sistema. In particolare, ciò ha permesso di riconoscere, come l'effetto positivo (aumento dell'accessibilità), che consegue dall'introduzione di tali politiche (in particolare di quelle di trasporto), si produca anche in una situazione di declino del sistema.

8.4. Indicazioni di ricerca futura

L'esperienza acquisita nel corso di queste sperimentazioni sul sistema urbano di Torino suggerisce almeno tre direzioni lungo le quali orientare gli sforzi di ricerca futura: i. lo sviluppo di modelli generali; ii. la messa a punto di strumenti modellistici operativi; iii. l'analisi dei processi di diffusione spaziale.

- i. Sviluppo di modelli generali. Un modello generale (o comprensivo a larga scala) è un modello che incorpora tutti i principali sottosistemi del sistema urbano ed il maggior numero delle possibili interdipendenze.

Lo sforzo di formulare, sviluppare ed implementare modelli generali, corrisponde ad un desiderio di riconoscere e studiare i meccanismi di fondo che regolano l'evoluzione spazio-temporale dei sistemi territoriali. La storia "passata" della modellistica urbana e regionale ha attraversato periodi di grande entusiasmo, di feroci critiche e di diffuso scetticismo (ad esempio, cfr.: Lee, 1973, Batty, 1979, Palermo, 1983). Oggi, una nuova consapevolezza sembra emergere anche per i modelli generali: il riconoscimento dell'importanza di avanzamenti, affinamenti ed integrazioni in campo teorico-metodologico, avendo presente l'esigenza di disporre di strumenti efficaci in campo operativo.

In quest'ottica si colloca la presente sperimentazione modellistica.

Da un punto di vista teorico-metodologico, questo modello è stato sviluppato allo scopo di fornire una descrizione del sistema urbano nelle sue complessità spaziali e funzionali. Il cuore del modello, tuttavia, si incentra sullo studio del processo di localiz-

zazione residenziale. Altri processi che hanno un ruolo determinante nei meccanismi di funzionamento del sistema urbano - quale, ad esempio, la mobilità di lavoro o dei servizi, la dinamica degli stock, il comportamento degli operatori - non sono trattati o lo sono solo in modo parziale. Modi possibili di introdurre l'analisi di tali processi all'interno del modello, sono suggeriti dalle "valenze" aperte nel quadro descrittivo di sistema urbano sviluppato in 2.

Due questioni generali, inoltre, vanno tenute presenti (cfr.: Bertuglia ed al. (eds.) 1987b). La prima concerne l'esigenza di riconciliare un approccio maggiormente flessibile ed un'analisi quantitativa, più poveri di contenuti teorici, quale quelli della modellistica urbana, con un'approccio più astratto ed un'analisi qualitativa, maggiormente esplicativi, propri della teoria economica (cfr.: Bertuglia et al., (eds.) 1987a). La seconda riguarda l'approfondimento dei meccanismi di funzionamento del sistema urbano.

Il trattamento della dinamica, in particolare, costituisce un campo nel quale, attualmente, le potenzialità di sviluppo sono molto promettenti. In questa direzione in Bertuglia, Leonardi e Wilson, (eds.) 1987b, ad esempio, si identificano tre tipi di approcci dinamici che possono essere utili nella modellizzazione del sistema urbano: i. la dinamica dei cambiamenti di stato di unità individuali come nei modelli compartimentali di de Palma e Lefèvre (1984) o nell'approccio delle Master Equations di Haag (1987); ii. la dinamica dei cambiamenti dello stock, ossia dei contenitori fisici delle diverse attività, come sviluppata, ad esempio, da Wilson (1987a, 1987b); iii. la dinamica del comportamento di scelta degli operatori del sistema urbano, nella direzione indicata da Leonar-

di (1987a, 1987b);

- ii. messa a punto di strumenti modellistici operativi. Alcune indicazioni generali - derivate sopra tutto dagli sforzi necessari alla implementazione operativa ed alla gestione del presente modello - possono essere riassunte come segue:
 - esistono molte difficoltà per calibrare ed applicare modelli complessi che richiedono un gran numero di informazioni. In questo senso "un ragionevole compromesso" deve essere raggiunto tra "complessità" - articolazione spaziale del sistema allo studio, disaggregazione socioeconomica delle variabili ecc. - ed "efficacia" - disponibilità delle informazioni di base, rappresentazioni ed analisi degli output, indicatori di performance;
 - è importante che un modello del tipo qui utilizzato possa essere facilmente gestito ed applicato in modo da consentire la realizzazione di un gran numero di esperimenti, in poco tempo e ad un costo poco elevato;
 - infine, è importante che il funzionamento di un modello di questo tipo sia il più possibile "trasparente". Anche in questo caso un "ragionevole compromesso" deve essere ricercato tra lo sforzo di modellare in modo più realistico il comportamento del sistema - ad esempio, endogenizzando il maggior numero possibile delle variabili del modello - e la possibilità di controllare - in particolare, in un uso previsionale del modello - le traiettorie di evoluzione temporale del sistema, determinate dal modello stesso;
- iii. analisi dei processi di diffusione spaziale. Se i fenomeni di diffusione spaziale oggi riconoscibili nelle aree metropolitane sono il

risultato, macroscopico, di un più generale e profondo processo di trasformazione del sistema urbano, allora è chiaro che tale processo costituisce un campo di studio nel quale gli sforzi di ricerca (non solo di carattere territoriale) devono concentrarsi.

Le indicazioni avanzate più sopra e la discussione sviluppata in 8.2. suggeriscono che modelli generali di sistema urbano possono costituire utili strumenti per sviluppare approcci di analisi di tali processi. In particolare, nel contesto delle attività di piano, essi possono fornire strumenti che consentano di seguire da vicino le trasformazioni spaziali in atto.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Allen P.M., Sanglier M., Engelen G., Boon F. (1984) Evolutionary spatial models of urban and regional systems, Sistemi Urbani, 1, 3-36.

Anas A. (1982) Residential Location Markets and Urban Transportation, Academic Press, New York.

Aydelot P., Camagni R. (1985) Crisi urbana e rapporti territoriali di dominazione, Studi e Notizie Ilres, 4, 13-20.

Batty M. (1979) Paradoxes of science in public policy: te buffling case of land use models, Sistemi Urbani, 1, 89-122.

Bauer G., Roux J.M. (1976) La Rurbanisation: ou la Ville Éparpillée, Seuil, Paris.

Bertuglia C.S., Gallino T., Gualco I., Occelli S., Rabino G.A., Salomone C., Tadei R. (1982) Alcuni aspetti della calibrazione di un modello dinamico spazializzato: il caso del modello dell'area metropolitana torinese, in Atti delle Giornate di Lavoro AIRO 1982, Como, 200-248.

Bertuglia C.S., Gallino T., Gualco I., Occelli S., Rabino G.A., Salomone C., Tadei R. (1983a) Un modello del sistema urbano di Torino: alcune valutazioni di un'esperienza modellistica, in Atti della IV Conferenza Italiana di Scienze Regionali, Firenze, vol. 3, 409-432.

Bertuglia C.S., Gallino T., Gualco I., Occelli S., Rabino G.A., Salomone C., Tadei R. (1983b) Calibrating the residential location submodel of the simulation model for the Turin metropolitan area, in Atti delle Giornate di Lavoro AIRO 1983, Napoli, 555-573.

Bertuglia C.S., Gallino T., Gualco I., Occelli S., Rabino G.A., Salomone C., Tadei R. (1984a) L'applicazione di un modello dinamico a larga scala per l'area metropolitana di Torino; la calibrazione, in Leonardi G., Rabino G.A. (a cura), L'analisi degli insediamenti umani e produttivi, Angeli, Milano, 205-227.

Bertuglia C.S., Gallino T., Tadei R. (1984b) SMIT - Sistema di modelli integrati di trasporto. Procedura per l'uso: manuale e software, Working Paper 41, IRES, Torino.

Bertuglia C.S., Gualco I., Occelli S., Rabino G.A., Salomone C., Tadei R. (1984c) Il modello IRES per l'area metropolitana di Torino: struttura formale, base di dati, uso per la pianificazione, Working Paper 40, IRES, Torino.

Bertuglia C.S., Gualco I., Occelli S., Rabino G.A., Salomone C., Tadei R. (1985) Simulazione dell'impatto di scenari socioeconomici e di politiche di trasporto sul sistema urbano di Torino, Working Paper 66, IRES, Torino.

Bertuglia C.S., Leonardi G., Occelli S., Rabino G.A., Tadei R. (1984d) Interrelazioni tra localizzazioni e trasporti: stato dell'arte e possibili linee di sviluppo futuro, Working Paper 30, IRES, Torino.

Bertuglia C.S., Leonardi G., Occelli S., Rabino G.A., Tadei R., Wilson A.G. (eds.) (1987a) Urban Systems. Contemporary Approaches to Modelling, Croom Helm, London.

Bertuglia C.S., Leonardi G., Wilson A.G. (eds.) (1987b) Urban Systems. Design for an Integrated Dynamic Model (in pubblicazione).

Bertuglia C.S., Occelli S., Rabino G.A. (1979) Il sottosistema residenziale, Studi e Ricerche, 26, 9-48.

Bertuglia C.S., Occelli S., Rabino G.A., Salomone C., Tadei R. (1981) Un modello urbano a larga scala per l'area metropolitana di Torino, Working Paper 1, IRES, Torino.

Bertuglia C.S., Occelli S., Rabino G.A., Salomone C., Tadei R. (1983c) Dinamiche spaziali dell'area metropolitana di Torino negli ultimi tre decenni, Working Paper 22, IRES, Torino.

Bertuglia C.S., Occelli S., Rabino G.A., Tadei R. (1980) A Model of Urban Structure and Development of Turin: Theoretical Aspects, Sistemi Urbani, 2, 59-90.

Bertuglia C.S., Occelli S., Rabino G.A., Tadei R. (1984e) L'area metropolitana di Torino all'anno 2010: verso quale sistema? Working Paper 8, Dipartimento di Scienze e Tecniche per i Processi di Insediamento, Politecnico di Torino, Torino.

Bertuglia C.S., Rabino G.A. (1975) Modello per l'organizzazione di un comprensorio, Guida, Napoli.

Bertuglia C.S., Rabino G.A. (1976) L'assetto territoriale, in IRES (1976b) Linee di Piano Territoriale per il Comprensorio di Torino, Guida, Napoli, 192-211.

Borlenghi E. (1982) I fornitori della FIAT. Linkage e localizzazione, in Luzzati E. (a cura) La rilocalizzazione dell'industria nell'area torinese, Angeli, Milano, 173-189.

Bourne L.S. (1982) Urban spatial structure: an introductory essay on concepts and criteria, in Bourne L.S. (ed.) Internal Structure of the City. Readings on urban form, growth and policy, Oxford University Press, New York, 6-45.

Bovet D.P. (1977) Sistemi operativi, ISEDI, Milano.

Brown L.A. (1968) Diffusion processes and location: a conceptual framework and bibliography, Regional Science Research Institute, Philadelphia.

Brown L.A. (1981) Innovation Diffusion, a New Perspective, Methuen, London.

Bryce J. (ed.) (1977) Small Cities in Transition: the Dynamics of Growth and Decline, Ballinger, Cambridge, Massachusetts.

Bull P.J. (1983) Employment and unemployment, in Pacione M. (ed.) Progress in Urban Geography, Croom Helm, London, 45-74.

Cappellin R., Grillenzoni C. (1983) Diffusion and specialization in the location of service activities in Italy, Sistemi Urbani, 5, 249-282.

- Clarke G.P., Wilson A.G. (1986) Performance indicators within a model-based approach to urban planning, Working Paper 446, School of Geography, University of Leeds.
- Coelho S.D. (1983) Public facility location: a survey of recent developments, Sistemi Urbani, 1, 5-32.
- Comprensorio di Torino (1983) Primo schema di programma pluriennale di intervento e di spesa (P.P.I.S.) dello schema di piano comprensoriale di Torino, Torino.
- Costa P. (1985) Lo sviluppo economico italiano tra l' 'uno' e il 'molteplice'. Modelli ed interpretazioni delle trasformazioni produttive dal 1950 al 1980, Studi e Notizie Ilres, 4, 9-12.
- Dangermond J. (1983) Selecting new town sites in the United States using regional data bases, in Teicholz E., Berry B.J.L. (eds.) Computer graphics and Environmental Planning, Prentice Hall, Englewood - Cliffs, 52-65.
- Dendrinis D.S., Mullally H. (1981) Evolutionary patterns of urban populations, Geographical Analysis, 13, 4, 328-344.
- De Palma A., Lefèvre C. (1984) The theory of deterministic and stochastic compartmental models and its applications: the state of the art, Sistemi Urbani, 6, 281-324.
- Detragiache A. (1976) Obiettivi e linee metodologiche per il piano dell'area, in IRES (1976), Linee di Piano Territoriale per il Comprensorio di Torino, Guida Napoli, 15-34.
- Detragiache A. (1985) Crisi del grande urbanesimo e nuovi modelli insediativi e produttivi, in Guidicini P., Martinelli F., Peretti G. (a cura), Città e Società Urbana in Trasformazione, Università degli Studi di Bologna, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Franco Angeli, Milano, 25-31.
- Forrester J.W. (1969) Urban Dynamics, MIT Press, Cambridge, Mass..

- Gabrielli B. (1974) Lo sviluppo metropolitano di Torino e note sul "ciclo Fiat", in Osservatorio Urbanistico Regionale del Piemonte, Contributi di analisi urbanistica sull'area metropolitana torinese, Atti del seminario di studi sui problemi urbanistici dell'area metropolitana torinese, Torino, 2-3 dicembre 1972, 21-44.
- Haag G. (1987) Master equations, in Bertuglia C.S., Leonardi G., Wilson A.G. (eds.) Urban Systems: Designs for an Integrated Dynamic Model, Croom Helm, London (in pubblicazione).
- Hadalski J.M. Jr. (1983) The influence of Computer Graphics on local Government Productivity, in Teicholz E. e Berry B.J.L. (eds.), Computer Graphics and Environmental Planning Prentice Hall, Englewood Cliffs, 171-184.
- Harris B., Wilson A.G. (1978) Equilibrium Values and dynamics of attractiveness terms in production-constrained spatial interaction models, Environment and Planning, 10, 371-388.
- Ingram G.K., Kain J.F., Ginn J.R. (1972) The Detroit Prototype of the NBER Urban Simulation Model, Columbia University Press, New York.
- IRES (1959) Panorama economico e sociale della provincia di Torino, Torino.
- IRES (1965) Immigrazione di massa e struttura sociale in Piemonte, Torino.
- IRES (1966) Linee per l'organizzazione del territorio della regione, Torino.
- IRES (1976a) Analisi della struttura del settore metalmeccanico in Piemonte, vol. I, L'industria dei beni strumentali, Torino.
- IRES (1976b) Linee di Piano Territoriale per il Comprensorio di Torino, Guida, Napoli.
- IRES (1977) Il parco abitazioni in Piemonte, Guida, Napoli.

IRES (1980) Dinamica occupazionale e movimenti delle imprese manifatturiere nell'area metropolitana torinese, Quaderni di Ricerca n. 1, Torino.

Klassen L.H., Molle W.T.M., Paelink J.H.P. (1981) Dynamics of Urban Development, Gower, Rotterdam.

Klaassen L.H., Scimeni G. (1983) Theoretical issues in urban dynamics in Klaassen L.H., Molle W.T.M., Paelink J.H.P. (eds.), Dynamics or Urban Development, Gower, Rotterdam, 8-28.

Lee D.B. (1973) Requiem for large scale models, Journal of the American Institute of Planners, 39, 163-178.

Leonardi G. (1987a) A choice theoretical framework for housing mobility and extensions in Bertuglia C.S., Leonardi G., Occelli S., Rabinio G.A., Tadei R., Wilson A.G. (eds.) Urban Systems: Contemporary Approaches to Modelling, Croom Helm, London (in pubblicazione).

Leonardi G. (1987b) Stochastic extremal processes, in Bertuglia C.S., Leonardi G., Wilson A.G. (eds.) Urban Systems: Design for an Integrated Dynamic Model, Croom Helm, London (in pubblicazione).

Lowry I.S. (1964) A Model of a Metropolis, RM-4035-RC, Rand Corporation, Santa Monica, California.

Macgill S.M. (1977) The Lowry model as an input-output and its extensions to incorporate full inter-sectoral relations, Regional Studies, 11, 337-354.

Mela A. (1985) Deurbanizzazione e modelli di vita urbana, in Guidicini P., Martinelli F., Peretti G. (a cura) Città e Società Urbana in Trasformazione, Università degli Studi di Bologna, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Franco Angeli, Milano, 87-96.

Nijkamp P., Shubert U. (1985) Structural change in urban systems, Sistemi Urbani, 2, 155-176.

- Palermo P.C. (1983) Modelli di Analisi Territoriale, Angeli, Milano.
- Palermo P.C. (1985) Tradizione e innovazione nell'analisi urbanistica quantitativa, Urbanistica, 19, 34-49.
- Papageorgiou Y.Y. (1983) Theoretical aspects of urban economics with emphasis on the relationship between transportation and spatial structure, in IRES, Analisi di fattibilità di studi delle inter-relazioni localizzazioni-trasporti, contratto IRES-CNR, n. 82.004.50.93.
- Regione Piemonte (1978) Primo schema della metodologia per la formazione dei piani territoriali dei comprensori, Torino.
- Regione Piemonte (1979a) Contributo alla formazione del piano territoriale del comprensorio di Torino, Angeli, Milano.
- Regione Piemonte (1979b) Relazione sulla situazione socioeconomica regionale, Torino.
- Regione Piemonte (1980) Relazione sulla situazione socioeconomica del Piemonte per il 1979, Torino.
- Roscelli R., Bedrone R. (1975) Ciclo edilizio e ciclo produttivo, in Roscelli R. (a cura) (1975) Edili senza lavoro, operai senza casa, Einaudi, Torino, 21-158.
- Remy J., Voyé L. (1981) De la révision de la dichotomie urbain-rural, Sistemi Urbani, 1-2, 49-56.
- Rogers A. (in coll. Castro L.J., Keyfitz M., Ledent J., Philipov D., Willekens F., Williamson J.G.) (1984) Migration. Urbanization and Spatial Population Dynamics, Westview Press, Boulder, London.
- Rossi J.R., Gilmartin K.J. (1980) Handbook of Social Indicators, Garland STPM, New York.
- Salvemini M. (1985) Urbanistica e Informatica, Gruppo Editoriale Jackson, Milano.

- Sanlorenzo F. (1976) Il terziario, in IRES (1976), Linee di Piano Territoriale per il Comprensorio di Torino, Guida, Napoli, 98-109.
- Schmid C.F. (1954) Handbook of Graphic Presentation, Ronald Press, New York.
- Secchi B. (1972) Il settore edilizio e fondiario in un processo di sviluppo economico, in Indovina F. (a cura) Lo Spreco Edilizio, Marsilio, Padova, 3-46.
- Secchi B. (1984) "Il Racconto Urbanistico", Einaudi, Torino.
- Secchi B. (1985) Prefazione, in A. Reggiani (a cura), Territorio e Trasporti. Modelli Matematici per l'Analisi e la Pianificazione, Angeli, Milano.
- Siteco (a cura) (1976) La Situazione Territoriale dell'Area Torinese, Boringhieri, Torino.
- Socco C. (1976) Teorie e Modelli per la Pianificazione Comprensoriale, Giardini, Pisa.
- Teicholz E., Berry B.J.L. (eds.) (1983) Computer Graphics and Environmental Planning, Prentice Hall, Englewood-Cliffs.
- Van Dam A. (1984) Computer software for graphics, Scientific American, 5, 102-113.
- Weibull J.W. (1984) A dynamic simulation model of disequilibrium in the housing market, Sistemi Urbani, 3, 325-354.
- Wilson A.G. (1970) Entropy in Urban and Regional Modelling, Pion, London.
- Wilson A.G. (1974) Urban and Regional Models in Geography and Planning, Wiley, London.

- Wilson A.G. (1981) Catastrophe Theory and Bifurcation with Applications in Urban Geography, Croom Helm, London.
- Wilson A.G. (1984) Spatial Dynamics: Classical Problems, An Integrated Approach and System Performance, Working Paper 402, School of Geography, University of Leeds, Leeds.
- Wilson A.G. (1986) Performance indicators: evaluation in model-based urban planning, mimeo.
- Wilson A.G. (1987a) Urban analysis and planning with spatial interaction models, in Bertuglia C.S., Leonardi G., Occelli S., Rabino G.A., Tadei R., Wilson A.G. (eds.), Urban Systems: Contemporary Approaches to Modelling, Croom Helm, London (in corso di stampa).
- Wilson A.G. (1987b) Approaches to stock dynamics based on spatial interaction models, in Bertuglia C.S., Leonardi G., Wilson A.G. (eds.), Urban Systems: Designs for an Integrated Dynamic Model, Croom Helm, London (in pubblicazione).
- Wilson A.G. (1983) Transport and the evolution of urban spatial structure, Atti delle Giornate di Lavoro AIRO 1983, Guida, Napoli.

APPENDICE

EQUAZIONI DEI SOTTOMODELLI

Sottomodelli di uso del suolo

Questo sottomodulo determina, per ogni periodo di analisi, il valore di uso del suolo per l'insieme dei settori di lavoro nel settore di uso del suolo. Il valore di uso del suolo è determinato in base a due variabili: la variabile di uso del suolo e la variabile di uso del suolo. La variabile di uso del suolo è determinata in base a due variabili: la variabile di uso del suolo e la variabile di uso del suolo. La variabile di uso del suolo è determinata in base a due variabili: la variabile di uso del suolo e la variabile di uso del suolo.

La variabile di uso del suolo è determinata in base a due variabili: la variabile di uso del suolo e la variabile di uso del suolo. La variabile di uso del suolo è determinata in base a due variabili: la variabile di uso del suolo e la variabile di uso del suolo.

Gli indici che indicano le variabili dei sottomodelli sono:

i	zona di residenza	i = 1,I
j	zona del posto di lavoro	j = 1,J
s	tipo di alloggio	s = 1,S
b	settore economico di base	b = 1,B
l	settore del terziario	l = 1,L
f	tipo di famiglia per le famiglie con capofamiglia occupato	f = 1,F
g	tipo di famiglia per le famiglie con capofamiglia non occupato	g = 1,G
v	tipo di mezzo di trasporto	v = 1,V
t,t+ Δ	tempo iniziale e finale di un periodo di simulazione Δ (ad esempio un anno).	

Sottomodello di uso del suolo

Questo sottomodello determina, per ogni periodo di simulazione, il suolo disponibile per l'insediamento dei posti di lavoro nei settori di base e delle abitazioni in ciascuna zona dell'area del sistema. Calcola quindi, per le diverse attività (attività economiche di base, servizi ed abitazioni) il grado di attrazione relativa (attrattività) di ciascuna zona per l'insediamento di una certa attività.

Le disponibilità di suolo e le attrattività costituiscono degli input dei sottomodelli delle attività economiche di base, dei servizi e delle abitazioni.

- i) Determinazione al tempo t , del suolo disponibile per le attività economiche, di base, L_j^b , per le residenze, L_j^h , e per il suolo residuo, L_j^z :

$$L_j^b(t) = \hat{L}_j^b(t) - \bar{L}_j^b(t) \quad (A.1)$$

$$L_j^h(t) = \hat{L}_j^h(t) - \bar{L}_j^h(t) \quad (A.2)$$

$$L_j^z(t) = \hat{L}_j^z(t) - \bar{L}_j^z(t) \quad (A.3)$$

ove:

\bar{L}_j^b , \hat{L}_j^b , L_j^b sono le matrici del suolo occupato, di progetto e disponibile per i settori di base ($b = 1, 3$);

\bar{L}_j^h , \hat{L}_j^h , L_j^h sono i vettori del suolo occupato, di progetto e disponibile per le abitazioni;

\bar{L}_j^z , \hat{L}_j^z , L_j^z sono i vettori del suolo residuo, occupato, di progetto e disponibile. Il suolo residuo è dato dalla differenza tra la superficie di ciascuna zona e la somma delle quantità di suolo per tutti gli altri usi;

- ii) Determinazione delle attrattività zonali per le attività economiche di base, A_j^b , per abitazioni, A_j^h , e per i servizi, A_j^l , in un periodo $(t, t+\Delta)$:

se $L_j^b \geq 0$

$$A_j^b(t, t+\Delta) = \frac{\sum_i L_j^b(t) \cdot e^{-\theta(T_{ij}^v \cdot \mu^v)}}{\sum_{i,j} L_j^b(t) \cdot e^{-\theta(T_{ij}^v \cdot \mu^v)}} \quad (A.4)$$

se $L_j^h \geq 0$

$$A_j^h(t, t+\Delta) = \frac{\sum_i L_j^h(t) \cdot e^{-\theta(T_{ij}^v \cdot \mu^v)}}{\sum_{i,j} L_j^h(t) \cdot e^{-\theta(T_{ij}^v \cdot \mu^v)}} \quad (A.5)$$

$$A_j^l(t, t+\Delta) = \frac{\sum_i P_j(t) \cdot e^{-\theta(T_{ij}^v \cdot \mu^v)}}{\sum_{i,j} P_j(t) \cdot e^{-\theta(T_{ij}^v \cdot \mu^v)}} \quad (A.6)$$

ove:

L_j^b, L_j^h

sono calcolati dall'equazione (A.1) - (A.2);

P_j

è il vettore della popolazione (output del sottomodello di localizzazione residenziale);

θ

è il parametro di impedenza allo spostamento (esogeno);

T_{ij}^v

è la matrice dei costi di viaggio per mezzo di spostamento (esogena);

μ^v

è il coefficiente di ripartizione modale (esogeno);

- iii) Aggiornamento, al tempo $(t, t+\Delta)$, del suolo occupato dalle attività economiche di base, \bar{L}_j^b , dalle residenze, \bar{L}_j^h e dal suolo residuo, \bar{L}_j^z :

$$\bar{L}_j^b(t+\Delta) = \bar{L}_j^b(t) + * \bar{L}_j^b(t, t+\Delta) \quad (A.7)$$

$$\bar{L}_j^h(t+\Delta) = \bar{L}_j^h(t) + * \bar{L}_j^h(t, t+\Delta) \quad (A.8)$$

$$\bar{L}_j^z(t+\Delta) = L_j - \bar{L}_j^b(t+\Delta) - \bar{L}_j^h(t+\Delta) \quad (A.9)$$

ove:

$* \bar{L}_j^b$ e $* \bar{L}_j^h$ sono le matrici delle variazioni del suolo occupato dalle attività economiche di base e dalle residenze;

L_j è il vettore del suolo totale (superficie delle zone) (esogeno).

Aggiornamento al tempo $(t, t+\Delta)$ del suolo di progetto destinato alle attività economiche di base, \hat{L}_j^b , alle residenze \hat{L}_j^h ed al suo residuo \hat{L}_j^z :

$$\hat{L}_j^b(t+\Delta) = \hat{L}_j^b(t) + \sum_u \bar{L}_j^{\bar{u},b}(t, t+\Delta) - \bar{L}_j^{b,u}(t, t+\Delta) \quad (A.10)$$

$$\hat{L}_j^h(t+\Delta) = \hat{L}_j^h(t) + \sum_u \bar{L}_j^{\bar{u},h}(t, t+\Delta) - \bar{L}_j^{h,u}(t, t+\Delta) \quad (A.11)$$

$$\hat{L}_j^z(t+\Delta) = \hat{L}_j^z(t) + \sum_u \bar{L}_j^{\bar{u},z}(t, t+\Delta) - \bar{L}_j^{z,u}(t, t+\Delta) \quad (A.12)$$

ove:

$\bar{L}_j^{\bar{u},u}$ è la matrice delle politiche di riassegnazione degli usi del suolo dall'uso iniziale \bar{u} , all'uso finale u (esogena) (con \bar{u} e $u = b$ o h o z).

Per coerenza con le quantità di suolo per i diversi usi in ciascuna zona, è necessario che il suolo residuo di progetto - calcolato dall'eq. A.12 - non sia inferiore ad una quantità minima, definita sulla base di una certa percentuale, α , del suolo totale di ciascuna zona, L_j .

Se:

$$\hat{L}_j^z(t+\Delta) < \alpha \cdot L_j \quad (\text{A.13})$$

allora, il suolo residuo di progetto viene calcolato come:

$$\hat{L}_j^z(t+\Delta) = \alpha \cdot L_j \quad (\text{A.14})$$

riaggiornando, proporzionalmente, le quantità di suolo destinate alle altre attività, \hat{L}_j^b e \hat{L}_j^b .

Sottomodello della popolazione

Questo sottomodello determina, per ogni periodo di simulazione, la popolazione totale del sistema.

La popolazione totale del sistema è un input del sottomodello dei servizi e del sottomodello di localizzazione residenziale.

- i) Determinazione dei nati, N , dei morti, M , e del saldo migratorio, W , nel periodo $(t, t+\Delta)$:

$$N(t, t+\Delta) = P(t) \cdot n(t, t+\Delta) \quad (A.15)$$

$$M(t, t+\Delta) = P(t) \cdot m(t, t+\Delta) \quad (A.16)$$

$$W(t, t+\Delta) = \left\{ \sum_j \frac{\left[\sum_b E_j^b(t) + \sum_l S_j^l(t) \right]}{p(t, t+\Delta)} - P(t) \right\} \cdot w(t, t+\Delta) \quad (A.17)$$

ove:

P è la popolazione totale

n è il tasso di natalità (esogeno)

m è il tasso di mortalità (esogeno)

w è il tasso di migrazione (esogeno)

p è il tasso di occupazione della popolazione (esogeno)

E_j^b, S_j^l sono le matrici degli addetti nei settori di base e nei servizi (output dei sottomodelli delle attività di base e dei servizi).

ii) Aggiornamento, al tempo $(t+\Delta)$, del livello di popolazione totale, P :

$$P(t+\Delta) = P(t) + N(t, t+\Delta) - M(t, t+\Delta) + W(t, t+\Delta) \quad (A.18)$$

Sottomodello delle attività economiche di base

Questo sottomodello determina, per ogni periodo di simulazione, il livello e la distribuzione spaziale dei posti di lavoro (addetti) nei

settori di base. Essi costituiscono degli input del sottomodello della popolazione e di quello di localizzazione residenziale.

Esso calcola inoltre, la variazione di suolo prodotta da cambiamenti del livello delle attività in ciascuna zona durante ogni periodo. Queste variazioni vengono utilizzate dal sottomodello di uso del suolo per aggiornare la quantità di suolo occupato dalle attività di base in ciascuna zona.

i) Determinazione degli incrementi di posti di lavoro, ${}^+E_j^b$:

$${}^+E_j^b(t, t+\Delta) = [E_j^b(t) \cdot r^b(t, t+\Delta) \cdot A_j^b(t, t+\Delta)] + \bar{E}_j^b(t, t+\Delta) \quad (A.19)$$

ove:

E_j^b è la matrice degli addetti nei settori di base, $b = 1, 3$;

r^b è il vettore dei tassi di incremento di posti di lavoro nei settori di base (esogeno);

A_j^b è la matrice delle attrattività zonali per i settori di base (output del sottomodello di uso del suolo);

\bar{E}_j^b è la matrice delle politiche di incremento di posti di lavoro nei settori di base (esogena).

ii) Verifica che la quantità di suolo necessaria, \tilde{L}_j^b , per l'insediamento degli incrementi calcolati, ${}^+E_j^b$, sia inferiore (od uguale) alla quantità di suolo disponibile, L_j^b :

$$\tilde{L}_j^b(t, t+\Delta) \leq L_j^b(t) \quad (A.20)$$

con

$$\tilde{L}_j^b(t, t+\Delta) = {}^+E_j^b(t, t+\Delta) \cdot q_j^b \quad (A.21)$$

ove q_j^b è la matrice dei coefficienti zonalì di occupazione del suolo per nuovo posto di lavoro in ciascun settore.

Diversamente, gli incrementi, ${}^+E_j^b$, sono riaggiustati, in modo che la quantità di suolo richiesta, \tilde{L}_j^b , non superi la quantità di suolo disponibile, L_j^b :

$${}^+E_j^b(t, t+\Delta) = \left[L_j^b(t) / \tilde{L}_j^b(t, t+\Delta) \cdot {}^+E_j^b(t, t+\Delta) \right] \quad (A.22)$$

iii) Determinazione dei decrementi di posti di lavoro, ${}^-E_j^b$, nel periodo $(t, t+\Delta)$:

$${}^-E_j^b(t, t+\Delta) = E_j^b(t) \cdot \hat{r}^b(t, t+\Delta) + E_j^{ob}(t, t+\Delta) \quad (A.23)$$

ove

\hat{r}^b è il vettore dei tassi di decremento di posti di lavoro nei settori di base (esogeno);

E_j^{ob} è la matrice delle politiche di decremento di posti di lavoro nei settori di base (esogena).

Se i decrementi di posti di lavoro, ${}^-E_j^b$, che si producono nel periodo $(t, t+\Delta)$, risultano maggiori del numero di posti di lavoro esistenti, E_j^b , al tempo t , allora:

$${}^-E_j^b(t, t+\Delta) = E_j^b(t) \quad (A.24)$$

Calcolo delle quantità di suolo, \tilde{L}_j^b , rilasciate nel periodo $(t, t+\Delta)$ dai decrementi di posti di lavoro:

$$\overset{o}{L}_j^b(t, t+\Delta) = \overset{-}{E}_j^b(t, t+\Delta) \cdot \overset{-}{q}_j^b(t, t+\Delta) \quad (A.25)$$

ove $\overset{-}{q}_j^b$ è la matrice dei coefficienti zonal di occupazione del suolo per posto di lavoro esistente nei diversi settori:

$$\overset{-}{q}_j^b(t, t+\Delta) = \overset{-}{L}_j^b(t, t+\Delta) / \overset{o}{E}_j^b(t) \quad (A.26)$$

ove $\overset{-}{L}_j^b$ è la matrice del suolo occupato dai settori di base (output del sottomodello di uso del suolo).

iv) Determinazione della variazione complessiva del suolo occupato dalle attività economiche di base, $\overset{*}{L}_j^b$, nel periodo $(t, t+\Delta)$:

$$\overset{*}{L}_j^b(t, t+\Delta) = \overset{-}{L}_j^b(t, t+\Delta) - \overset{o}{L}_j^b(t, t+\Delta) \quad (A.27)$$

Aggiornamento, al tempo $(t+\Delta)$, del livello di posti di lavoro, nei diversi settori, $\overset{o}{E}_j^b$:

$$\overset{o}{E}_j^b(t+\Delta) = \overset{o}{E}_j^b(t) + \overset{+}{E}_j^b(t, t+\Delta) - \overset{-}{E}_j^b(t, t+\Delta) \quad (A.28)$$

Sottomodello dei servizi

Questo sottomodello determina per ogni periodo di simulazione, il livello e la distribuzione spaziale dei posti di lavoro (addetti) nei servizi. Essi costituiscono degli input del sottomodello della popolazione e del sottomodello residenziale.

- i) Calcolo della variazione dei posti di lavoro nei servizi, S_j^1 , nel periodo $(t, t+\Delta)$:

$$S_j^1(t, t+\Delta) = \left\{ \left[c^1(t, t+\Delta) \cdot P_j(t) \right] - S_j^1(t) \right\} \cdot r^1(t, t+\Delta) \cdot A_j^1(t, t+\Delta) + S_j^{\circ 1}(t, t+\Delta) \quad (A.29)$$

ove:

S_j^1 è la matrice dei posti di lavoro nei servizi;

c^1 è il vettore dei tassi di terziarizzazione della popolazione;

P_j è il vettore della popolazione (output del sottomodello di localizzazione residenziale);

r^1 è il vettore dei tassi di variazione dei posti di lavoro nei servizi (al variare dei tassi di terziarizzazione della popolazione) (esogeno);

A_j^1 è la matrice delle attrattività zonali per i servizi (output del sottomodello di uso del suolo);

$S_j^{\circ 1}$ è la matrice delle politiche di variazione dei posti di lavoro nei servizi (esogena).

- ii) Aggiornamento al tempo $(t+\Delta)$ del livello di posti di lavoro nei servizi, S_j^1 :

$$S_j^1(t, t+\Delta) = S_j^1(t) + S_j^1(t, t+\Delta) \quad (A.30)$$

Sottomodello delle abitazioni

Questo sottomodello determina, per ogni periodo di simulazione, il livello e la distribuzione spaziale delle abitazioni nel sistema. La distribuzione delle abitazioni è un input del sottomodello di localizzazione residenziale.

- i) Determinazione degli incrementi di abitazioni, ${}^+H_j^h$, nel periodo $(t, t+\Delta)$:

$${}^+H_i^s(t, t+\Delta) = [H_i^s(t) \cdot r^s(t, t+\Delta) \cdot A_i^h(t, t+\Delta)] + \bar{H}_i^s(t, t+\Delta) \quad (A.31)$$

ove:

H_i^s è la matrice delle abitazioni totali;

r^s è il vettore dei tassi di incremento di abitazioni (esogeno);

A_i^h è la matrice delle attrattività zonali per le abitazioni (output del sottomodello di uso del suolo);

\bar{H}_i^s è la matrice delle politiche di incremento di abitazioni (esogena).

- ii) Verifica che la quantità di suolo necessaria, \tilde{L}_i^h , per l'insediamento degli incrementi calcolati, ${}^+H_j^s$, sia inferiore (od uguale) alle quantità di suolo disponibile, L_i^h :

$$\tilde{L}_i^h(t, t+\Delta) \leq L_i^h(t) \quad (A.32)$$

con

$$\tilde{L}_i^h(t, t+\Delta) = \left[\sum_s {}^+H_i^s(t, t+\Delta) \right] \cdot q_i^h \quad (A.33)$$

ove:

q_i^h è la matrice dei coefficienti zonal di occupazione del suolo per nuove abitazioni.

Diversamente, gli incrementi, ${}^+H_i^s$, sono riaggiustati, in modo che la quantità di suolo richiesto, \tilde{L}_i^h , non superi la quantità di suolo disponibile per uso residenziale, L_i^h :

$${}^+H_i^s(t, t+\Delta) = \left[L_i^h(t) / \tilde{L}_i^h(t, t+\Delta) \right] \cdot \sum_s {}^+H_i^s(t, t+\Delta) \quad (A.34)$$

iii) Determinazione dei decrementi di abitazioni, ${}^-H_i^s$, nel periodo $(t, t+\Delta)$:

$${}^-H_i^s(t, t+\Delta) = \left[H_i^s(t) \cdot \hat{r}^s(t, t+\Delta) \right] + \overset{o}{H}_i^s(t, t+\Delta) \quad (A.35)$$

ove:

\hat{r}^s è il vettore dei tassi di decremento di abitazioni (esogeno);

$\overset{o}{H}_j^s$ è la matrice delle politiche di decremento di abitazioni (esogena).

Se i decrementi di abitazioni, ${}^-H_i^s$, che si producono nel periodo $(t, t+\Delta)$ sono maggiori del numero di abitazioni esistenti, H_i^s , al tempo t , allora:

$${}^-H_i^s(t, t+\Delta) = H_i^s(t) \quad (A.36)$$

Calcolo della quantità di suolo, L_i^{oh} , rilasciata nel periodo $(t, t+\Delta)$ da decrementi di abitazioni:

$$\overset{ob}{L}_j^b(t, t+\Delta) = \sum_s H_i^s(t, t+\Delta) \cdot \overset{-h}{q}_i^h(t, t+\Delta) \quad (A.37)$$

ove:

$\overset{-h}{q}_i^h$ è la matrice dei coefficienti zionali di occupazione del suolo per abitazione esistente:

$$\overset{-h}{q}_i^h(t, t+\Delta) = \overset{-h}{L}_i^h(t, t+\Delta) / \sum_s H_i^s(t) \quad (A.38)$$

$\overset{-h}{L}_i^h$ è la matrice del suolo occupato dalle abitazioni (output del sottomodello di uso del suolo).

iv) Determinazione delle variazioni complessive del suolo occupato dalle residenze, $\overset{*}{L}_i^h$, nel periodo $(t, t+\Delta)$:

$$\overset{*}{L}_i^h(t, t+\Delta) = \overset{-h}{L}_i^h(t, t+\Delta) - \overset{oh}{L}_i^h(t, t+\Delta) \quad (A.39)$$

Aggiornamento, al tempo $(t+\Delta)$, del livello di abitazione totale, H_i^s :

$$H_i^s(t+\Delta) = H_i^s(t) + \overset{+}{H}_i^s(t, t+\Delta) - \overset{-}{H}_i^s(t, t+\Delta) \quad (A.40)$$

Calcolo, al tempo $(t+\Delta)$ del livello di abitazioni occupate, \bar{H}_i^s ;

$$\bar{H}_i^s(t+\Delta) = \bar{H}_i^s(t+\Delta) \cdot \overset{h}{d}_i^h(t, t+\Delta) \quad (A.41)$$

ove:

$\overset{h}{d}_i^h(t, t+\Delta)$ è la matrice dei coefficienti, di occupazione delle abitazioni (esogena).

Sottomodello di localizzazione residenziale

Questo sottomodello determina, per ciascun periodo di simulazione, la distribuzione della popolazione, articolata secondo il tipo di famiglia, il tipo di alloggio, la zona di residenza e la zona di lavoro. Esso può considerarsi il sottomodello finale del modello complessivo, il quale risente di tutti i cambiamenti che si producono negli altri sottomodelli durante ciascun periodo.

Le operazioni all'inizio di ciascun periodo (t) consentono di determinare le grandezze seguenti:

- a. la popolazione zonale P_i

$$P_i(t) = M_i(t)/B_i(t) \quad (A.42)$$

ove, B_i è la dimensione media delle famiglie calcolata nel periodo precedente, $(t-\Delta)$, come:

$$B_i(t-\Delta) = P_i(t-\Delta)/M_i(t-\Delta)$$

e M_i sono le famiglie totali in ciascuna zona. Naturalmente, in un qualunque periodo valgono le seguenti espressioni:

$$F^f = \sum_i \sum_j \sum_s F_{ij}^{fs} \quad \text{e} \quad G^g = \sum_i \sum_s G_i^{gs}$$

e

$$M_i = \sum_j \sum_s F_{ij}^{fs} \quad \text{e} \quad G^g = \sum_i \sum_s G_i^{gs}$$

e

$$M_i = \sum_i M_i.$$

La popolazione zonale è un input del sottomodulo dei servizi;

- b. i tassi di occupazione delle famiglie con capofamiglia occupato, \bar{p}_j^f :

$$\bar{p}_j^f(t) = \sum_i \sum_s F_{ij}^{fs}(t) / \bar{E}_j^f(t) \quad (\text{A.43})$$

ove, F_{ij}^{fs} è la matrice di distribuzione delle famiglie suddette e $\bar{E}_j^f(t)$, la matrice degli addetti totali secondo la zona di lavoro ed il tipo di famiglia, è determinata da:

$$\bar{E}_j^f(t) = \sum_b E_j^b(t) \cdot \bar{x}_j^{bf} + \sum_l S_j^l(t) \cdot \tilde{x}_j^{lf} \quad (\text{A.44})$$

ove:

E_j^b, S_j^l sono le matrici degli addetti nei settori di base e nei servizi (output dei sottomodelli delle attività economiche di base e dei servizi);

$\bar{x}_j^{bf}, \tilde{x}_j^{lf}$ sono le matrici di probabilità che un addetto nei settori b e l appartenga al tipo di famiglia f (esogene);

- c. le famiglie con capofamiglia occupato secondo la zona di residenza ed il tipo di abitazione, \tilde{F}_i^s :

$$\tilde{F}_i^s(t) = \sum_j \sum_f F_{ij}^{fs}(t) \quad (A.45)$$

Sulla base delle operazioni sopra indicate e degli output degli altri sottomodelli alla fine di ciascun periodo, $(t+\Delta)$, il processo di localizzazione residenziale delle famiglie viene descritto tramite le operazioni seguenti:

- d. determinazione delle famiglie che entrano nel mercato delle abitazioni, \bar{F}_j^f :

$$\bar{F}_j^f(t+\Delta) = \bar{E}_j^f(t+\Delta) / \bar{p}_j^f(t) \quad (A.46)$$

ove, $\bar{E}_j^f(t+\Delta)$ è determinato come nell'eq. (A.44), e \bar{p}_j^f è definito come nell'equazione (A.43);

- e. determinazione dell'accessibilità residenziale, K_i^f :

$$K_i^f(t+\Delta) = \frac{1}{\beta^f} \ln \sum_j \left[\bar{F}_j^f(t+\Delta) \cdot \sum_v t_v^f \cdot e^{-\beta^f \cdot T_{ij}^v} \right] \quad (A.47)$$

ove:

β^f è il vettore dei parametri di impedenza allo spostamento delle famiglie (esogeno);

t_v^f è la matrice di probabilità che una famiglia di tipo f utilizzi il mezzo di spostamento v (esogena);

T_{ij}^v sono le matrici dei costi di viaggio (esogene);

- f. determinazione dell'utilità delle famiglie, U_i^{fs} :

$$U_i^{fs}(t+\Delta) = \eta^{1f} \cdot \bar{K}_i^f(t+\Delta) + \eta^{2f} \bar{H}_i^s(t+\Delta) + \eta^{3f} \bar{L}_i^h(t+\Delta) \quad (A.48)$$

ove:

\bar{K}_i^f è la matrice dei valori normalizzati delle accessibilità residenziali;

\bar{H}_i^s è la matrice dei valori normalizzati delle abitazioni (output del sottomodulo delle abitazioni);

\bar{L}_i^h è il vettore dei valori normalizzati del suolo residenziale (output del sottomodulo di uso del suolo);

$\eta^{1f}, \eta^{2f}, \eta^{3f}$ sono i vettori dei pesi, rispettivamente, per l'accessibilità, per le abitazioni e per il suolo residenziale (esogeni);

g. determinazione della nuova distribuzione residenziale delle famiglie con capofamiglia occupato, F_{ij}^{fs} :

$$F_{ij}^{fs}(t+\Delta) = \frac{\bar{F}_j^f(t+\Delta) \cdot \sum_v t_v^f \cdot e^{-\beta^f \cdot T_{ij}^v} \cdot \xi^f U_i^{fs} \cdot \tilde{F}_i^s(t)}{\bar{Q}_j^f(t+\Delta) \cdot \tilde{Q}_i^s(t+\Delta)} \quad (A.49)$$

ove:

ξ^f è il vettore dei parametri dell'utilità (esogeno);

$$\bar{Q}_j^f(t+\Delta) = \sum_s \sum_i \sum_v t_v^f \cdot e^{-\beta^f \cdot T_{ij}^v} \cdot e^{\xi^f \cdot U_i^{fs}} \cdot \tilde{F}_i^s(t) \cdot \tilde{Q}_i^s(t+\Delta) \quad (A.50)$$

e

$$\tilde{Q}_1^s(t+\Delta) = \sum_f \sum_j \sum_v t_v^f \cdot e^{-\beta^f \cdot T_{ij}^v} \cdot e^{\xi^f \cdot U_i^{fs}} \cdot \bar{F}_j^f(t+\Delta) \cdot \bar{Q}_j^f(t+\Delta) \quad (A.51)$$

- h. determinazione della nuova distribuzione residenziale delle famiglie con capofamiglia non occupato, G_i^{gs} :

$$G_i^{gs}(t+\Delta) = G_i^{gs}(t) \cdot \left[\frac{G^g(t+\Delta)}{\sum_g G^g(t)} \right] \quad (A.52)$$

ove, tenendo conto dell'eq. (A.42):

$$G^g(t+\Delta) = \left\{ P(t+\Delta) \frac{\sum_i P_i(t)}{\sum_i B_i(t) \cdot P_i(t)} - \left[\sum_f F^f(t+\Delta) \right] \right\} \frac{G^g(t)}{\sum_g G^g(t)} \quad (A.53)$$

e F^f , sono le famiglie totali, secondo il tipo di famiglia f:

$$F^f(t+\Delta) = \sum_i \sum_j \sum_s F_{ij}^{fs}(t+\Delta) \quad (A.54).$$

ires

ISTITUTO RICERCHE ECONOMICO - SOCIALI DEL PIEMONTE
VIA BOGINO 21 10123 TORINO